

**AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)  
GRUPO DE TRABAJO DEL ESTADO PARA EL SANEAMIENTO,  
CONSERVACIÓN Y DESARROLLO DE LA BAHÍA DE LA HABANA (GTE)  
EN LA REPÚBLICA DE CUBA**

**ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y  
EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA  
DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPÚBLICA DE CUBA**

**INFORME FINAL  
VOLUMEN IV RESUMEN EJECUTIVO**

**MARZO DEL 2004**

**NIHON SUIDO CONSULTANTS Co., LTD.**

## **TIPO DE CAMBIO**

**Los tipos de cambio empleados en el Estudio son los siguientes:**

Dólar estadounidense (US\$) 1.00 = Peso cubano (Ps) 1.00  
= Yen japonés (¥) 120

Observe que tomando en consideración las características especiales de la economía cubana, se aplican dos tipos de cambio en los análisis económico y financiero, a saber, el tipo de cambio oficial de US\$1=Ps1.00, y el tipo de cambio de US\$1.00=Ps26.00 empleado en la actualidad para el limitado mercado interno.

(A partir de marzo del 2003)

## PRÓLOGO

En respuesta a una solicitud del Gobierno de la República de Cuba, el Gobierno de Japón decidió realizar el Estudio de desarrollo para el mejoramiento del sistema de drenaje y alcantarillado en la cuenca tributaria e hidrográfica de la Bahía de La Habana, en la República de Cuba. A tal efecto encargó el Estudio a la Agencia Japonesa de Colaboración Internacional (JICA).

JICA seleccionó y envió un equipo de estudio a la República de Cuba encabezado por el Sr. Harutoshi UCHIDA, de Nihon Suido Consultants Co., Ltd., en cuatro ocasiones entre julio del 2002 y enero del 2004. Asimismo, JICA creó un consejo asesor dirigido por la sra. Keiko YAMAMOTO, asesora principal del Instituto para la Colaboración Internacional de JICA, que funcionó igualmente entre julio del 2002 y enero del 2004 y examinó el estudio desde el punto de vista técnico.

El equipo de estudio sostuvo discusiones con los funcionarios pertinentes del Gobierno de la República de Cuba, así como realizó investigaciones de campo en el área de estudio. A su regreso a Japón, el equipo llevó a cabo estudios ulteriores y preparó este informe final.

Confiamos en que este informe contribuya a la promoción del proyecto y a la ampliación de las relaciones de amistad entre nuestros dos países.

Por último, quisiera expresar mi sincero agradecimiento a los funcionarios del Gobierno de la República de Cuba involucrados en el estudio por su estrecha colaboración con el equipo japonés.

Marzo del 2004

Kazuhisa MATSUOKA  
Vicepresidente  
Agencia Japonesa de Colaboración  
Internacional (JICA)

Sr. Kazuhisa MATSUOKA  
Vicepresidente  
Agencia Japonesa de Colaboración Internacional  
Tokío, Japón

Marzo del 2004

## CARTA DE REMISIÓN

Estimado Señor,

Nos place entregar el Informe Final del Estudio de Desarrollo del Alcantarillado y el Drenaje Pluvial en la Cuenca Tributaria de la Bahía de La Habana en la República de Cuba. Este informe incorpora las opiniones y las sugerencias de las autoridades pertinentes del Gobierno de Japón, su Agencia incluida. Contiene asimismo los comentarios del Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, la Conservación y el Desarrollo de la Bahía de La Habana (GTE), del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), del Ministerio para la Inversión Extranjera y la Colaboración Económica (MINVEC), las empresas de agua y alcantarillado Aguas de La Habana y Acueducto del Este, así como de otras agencias gubernamentales de la República de Cuba que participaron en las reuniones organizadas por el Comité Supervisor en La Habana en las que se discutió el Borrador de Informe Final.

El Informe Final incluye un total de cinco volúmenes tal y como se enumeran a continuación:

- Volumen I: Resumen Ejecutivo (versión en inglés)
- Volumen II: Informe Principal (versión en inglés)
- Volumen III: Informe Complementario (versión en inglés)
- Volumen IV: Resumen Ejecutivo (versión en español)
- Volumen V: Informe Principal (versión en español)

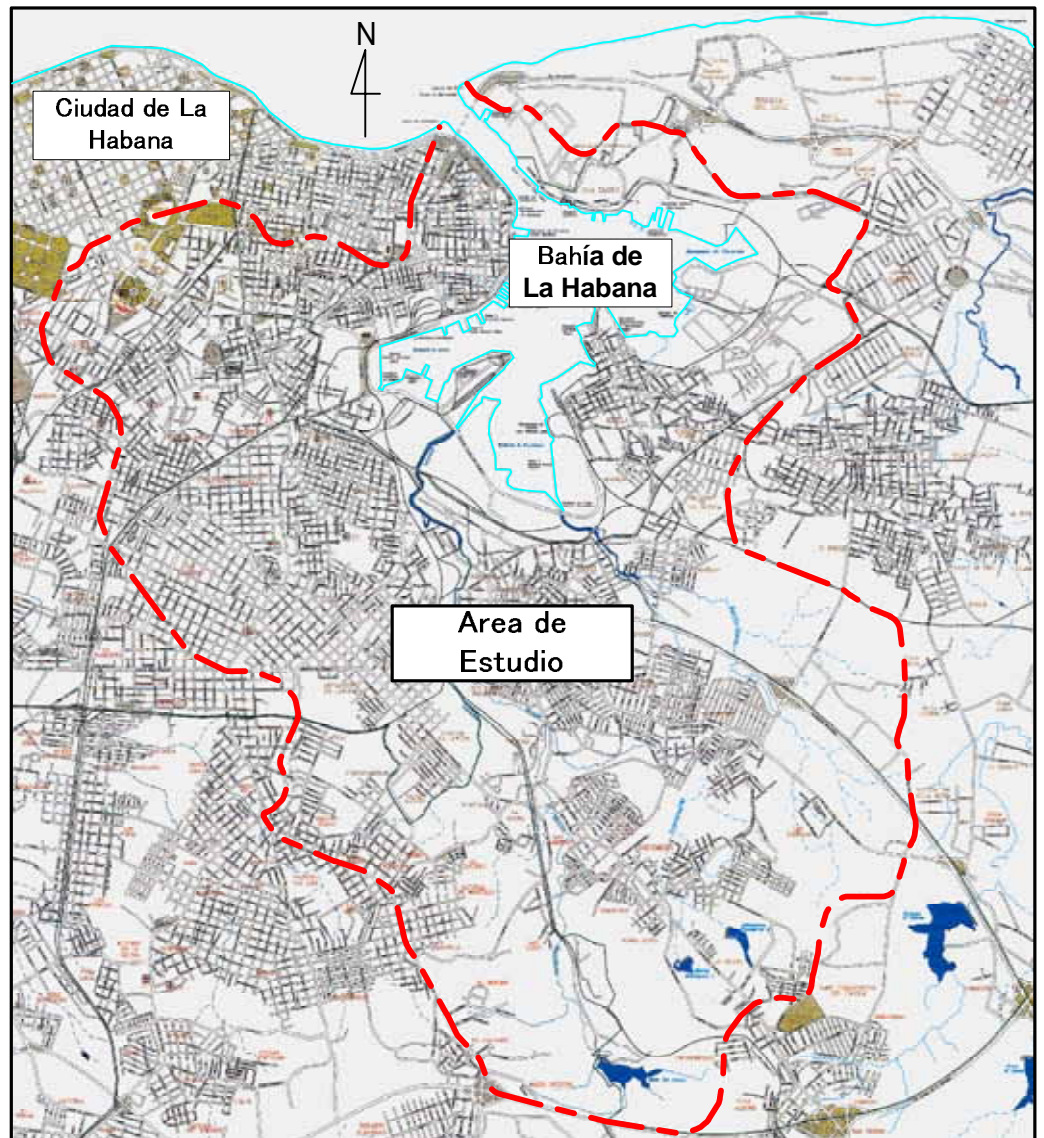
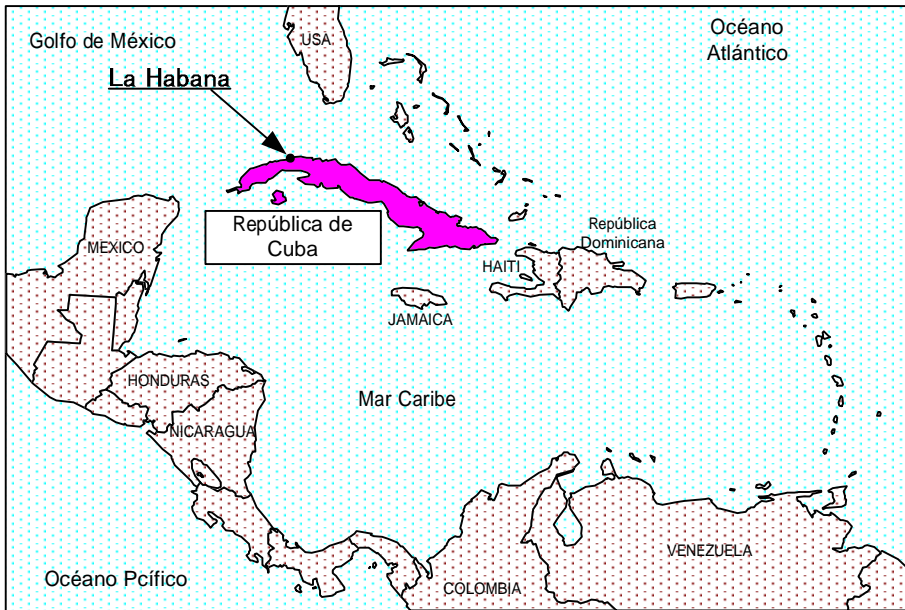
El informe contiene los hallazgos, conclusiones y recomendaciones del Equipo de Estudio derivados de los Estudios realizados desde la Etapa 1 a la Etapa 3. Los objetivos principales de los Estudios correspondientes a las Etapas 1 y 2 fueron la investigación de la situación actual, la formulación de un plan maestro a largo plazo, y la identificación de los proyectos prioritarios, mientras que el objetivo del Estudio para la Etapa 3 fue el análisis de la factibilidad del proyecto prioritario identificado con anterioridad en el Plan Maestro durante el transcurso del Estudio correspondiente a la Etapa 2.

Quisiéramos aprovechar esta oportunidad para expresar nuestra sincera gratitud a su Agencia, al Ministerio de Relaciones Exteriores y al Ministerio de la Tierra, la Infraestructura y Transporte del Gobierno de Japón por sus valiosos consejos y sugerencias. Quisiéramos expresar asimismo nuestro profundo agradecimiento a los funcionarios pertinentes del MINVEC, el GTE, el INRH y otras instituciones de la República de Cuba por la ayuda y la colaboración que nos brindaron durante la realización del Estudio.

Suyo afectísimo,

Harutoshi UCHIDA  
Jefe del Equipo de Estudio del  
Desarrollo del Alcantarillado y el Drenaje Pluvial en  
la Cuenca Tributaria de la Bahía de La Habana

# MAPA DE CUBA



0 1 km

Ubicación del Area de Estudio

# MAP DE UBICACIÓN

# RESUMEN

## 1. INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan los resultados del Estudio sobre el Mejoramiento del sistema de drenaje y alcantarillado para la Bahía de La Habana. El Estudio se llevó a cabo en tres etapas, a saber, 1) Estudio Básico, 2) Formulación del Plan Maestro de Alcantarillado hasta el año meta 2020 y 3) Estudio de Factibilidad de los Proyectos Prioritarios identificados en el Plan Maestro. El Estudio Básico revisó e identificó las condiciones, situaciones y los problemas actuales de la Bahía de La Habana a partir de los datos y la información existentes, y de los estudios de campo realizados en el transcurso del Estudio.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

La Bahía de La Habana y su cuenca contribuyen considerablemente a la economía cubana en su condición de puerto industrial y comercial. La cuenca posee una superficie de 68 km<sup>2</sup> y una población de 800,000 (año 2000), que representa un 37% de la población de la provincia Ciudad Habana. La Bahía de La Habana, por su parte, tiene un área de 5.0 km<sup>2</sup>, una profundidad promedio de 9 metros y una capacidad de 47 millones de m<sup>3</sup>. Al ser un medio acuático cerrado, no existe un buen intercambio entre el agua de la bahía y el agua del mar. Los contaminantes provenientes de las aguas residuales de origen doméstico e industrial se descargan en la bahía a través de los ríos, los colectores de aguas residuales y los drenes urbanos, o directamente de fuentes contaminadoras ubicadas en el litoral de la bahía.

## 3. PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El Plan Maestro de Alcantarillado se formuló siguiendo los pasos siguientes:

Primero se realizó un estudio de la estrategia para el control de la contaminación del agua con el fin de determinar cómo y en qué medida mejorará el medio acuático de la bahía con la rehabilitación del sistema de alcantarillado existente y con el desarrollo de los nuevos sistemas de alcantarillado. Se propusieron los objetivos relacionados con la calidad del agua tomando en consideración el uso actual y futuro del agua de la bahía a partir del proyecto de normas de calidad ambiental para los acuíferos y una serie de estudios de simulación de la calidad del agua. Se identificó asimismo el nivel necesario de tratamiento de las aguas residuales para el caso de la descarga de agua residual tratada en la Bahía de La Habana.

Después se propuso el plan de rehabilitación y mejoramiento para el sistema de alcantarillado existente a partir de los problemas actuales identificados y de una serie de estudios encaminados a resolverlos y elevar la confiabilidad del sistema para que pueda cumplir con sus funciones en el futuro. Se propuso igualmente el plan de desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado con el propósito de reducir efectiva y eficazmente las cargas contaminantes a través de una serie de estudios acerca de las alternativas relacionadas con el destino de la descarga del agua residual tratada en la Bahía de La Habana o en el Mar Caribe.

Con posterioridad se seleccionaron los planes de alcantarillado que se implementarán para el 2020 como los componentes del sistema de alcantarillado del Plan Maestro. Se calcularon los costos necesarios para la construcción y la operación de los componentes del alcantarillado propuestos; se propusieron el programa de los planes de ejecución y el fortalecimiento institucional; se demostraron los efectos de los proyectos en el mejoramiento de la calidad del agua por medio del modelo de simulación para la bahía, y se examinaron y analizaron las viabilidades económica y financiera mediante el método del flujo de efectivo descontado y los análisis de sensibilidad. Estos resultados conformaron el Plan Maestro de Alcantarillado. Por último se seleccionaron los proyectos prioritarios para la fase de estudio siguiente, a saber, el Estudio de Factibilidad.

### **(1) Objetivos relacionados con la calidad del agua y nivel requerido para el tratamiento de las aguas residuales**

Los objetivos en cuanto a la calidad del agua necesarios para mantener los usos actuales, a saber, atracción turística, recreación, función como puerto industrial y comercial, y transportación son los siguientes: concentración de oxígeno disuelto superior a 3 mg/L (objetivo 1), y concentración de aceite/grasa inferior a 5 mg/L (objetivo 2). Para cumplir el objetivo 1 se requiere reducir la carga contaminante orgánica generada por el sector del drenaje y alcantarillado y el sector industrial, mientras que para cumplir el 2 se necesita la adopción de medidas por parte del sector industrial, las fábricas y los talleres ubicados en el litoral de la bahía.

Para alcanzar el nivel mínimo de OD de 3 mg/L en la Ensenada de Atarés donde tal nivel es el más bajo, resulta necesario proporcionar tratamiento secundario a todas las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado.

### **(2) Planes para el Sistema de Alcantarillado**

Para el sistema de alcantarillado existente se preparó un plan de mejoramiento con el fin de solucionar los problemas identificados, a saber, las interconexiones del alcantarillado al drenaje pluvial, la insuficiente capacidad de los colectores, los problemas de funcionamiento de los tamices y de las bombas, así como elevar la confiabilidad del sistema con la disposición de un nuevo sistema de colección para el actual Colector Sur, la rehabilitación del Colector Sur, y la construcción de la estación de bombeo para facilitar la reparación del túnel de conducción y del emisario submarino. El plan de mejoramiento se propone como parte del plan Maestro de Alcantarillado toda vez que constituye una medida efectiva y eficaz para reducir las cargas contaminantes.

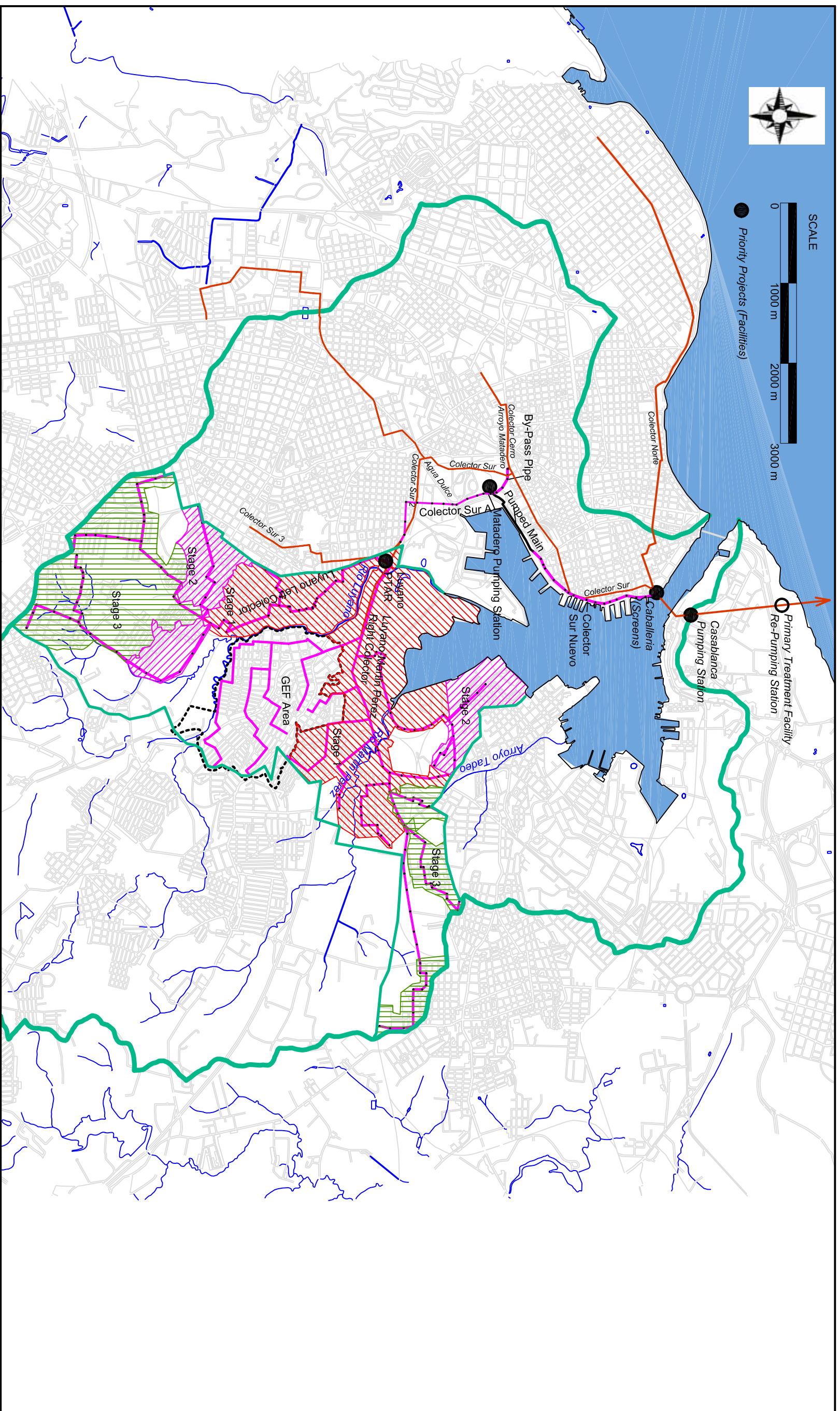
Se preparó el plan de desarrollo de los nuevos sistemas de alcantarillado para manejar las aguas residuales en la cuenca por medio de un estudio comparativo de las seis alternativas contempladas, incluyendo una alternativa para la descarga en el mar. Se seleccionó la variante de sistema zonal de alcantarillado de cuatro distritos en la cual el plan previsto para desarrollar el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez hasta el año 2020 podría ser el idóneo para reducir efectiva y eficazmente las cargas contaminantes vertidas en la bahía. El plan de desarrollo del distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez se seleccionó finalmente como parte del Plan Maestro de Alcantarillado.

Durante el proceso de formulación del Plan Maestro de Alcantarillado se prepararon y estudiaron muchas alternativas y opciones de planes de alcantarillado. Algunas de estas alternativas contribuirían a modificar los planes de alcantarillado cuando cambien las condiciones y los presupuestos en el futuro.

### **(3) Plan Maestro de Alcantarillado**

Con la aplicación del Plan Maestro propuesto se lograrán las metas siguientes para el año 2020: 1) La población de servicio del alcantarillado es de 591,500 dentro de la cuenca y 750,600 en total, incluyendo 159,100 fuera de los límites de la cuenca. Dentro de la cuenca se cubrirá el 74 % de la población. 2) Se cubrirá alrededor del 80% (204,600 m<sup>3</sup>/d de los 256,900 m<sup>3</sup>/d) del agua residual generada en la cuenca. 3) Se tratará en el sistema de alcantarillado aproximadamente el 55% de la carga contaminante orgánica total en términos de DBO, incluyendo la generada por la refinería.

En la Tabla 1 se muestra la reducción estimada de las cargas contaminantes con el desarrollo de los nuevos sistemas de alcantarillado cuando se introduzcan los procesos de tratamiento biológico secundario para las aguas residuales. Los proyectos propuestos del PM y del GEF cubren el 51% de la posible reducción de la carga: (D+E)/B.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAGE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

Figura 1 Mapa general del Plan Maestro para la cuenca hidrografica y tributaria de la Bahía de la Habana



**Tabla 1 Reducción de la carga contaminante con el P/M para el desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado**

Aspecto	Carga			
	DBO <sub>5</sub>	T-N	T-P	SS
<b>Nuevo Sistema de Alcantarillado-Todos los Distritos de Alcantarillado</b>				
Generación de carga estimada (A), kg/d	22,794	3,481	892	22,794
Reducción estimada de la carga (B), kg/d	20,515	522	134	20,515
<b>Nuevo Sistema de Alcantarillado-Área del P/M</b>				
Generación de carga estimada (C), kg/d	11,723	1,779	460	11,723
Reducción estimada de la carga provocada por el Proyecto del GEF/PNUD(D), kg/d	2,546	64	17	2,546
Reducción estimada de la carga por el P/M (E), kg/d	8,005	203	52	8,005
Reducción total estimada de la carga provocada por el Proyecto del GEF/PNUD y el P/M (D+E), kg/d	10,551	267	69	10,551
Proporción de la reducción de la carga de E/A	35 %	6 %	6 %	35 %
Proporción de la reducción de la carga de (D+E)/A	46 %	8 %	8 %	46 %

Los resultados de la simulación de la calidad del agua muestran que con la implementación del P/M mejorarán los niveles de OD en Atarés hasta alcanzar los de la Clase F (mínimo de 2 mg/L) de acuerdo con el proyecto de normas de calidad del agua en Cuba. En la actualidad el nivel de OD es inferior al estipulado para la Clase F. Tal sería el primer paso en el mejoramiento de la calidad del agua hacia la consecución del objetivo de 3 mg/L cuando se cuente con tratamiento secundario para toda el agua residual generada en el área del Nuevo Sistema de Alcantarillado.

Se propone llevar a cabo la construcción de los sistemas de alcantarillado del Plan Maestro en tres etapas, tal como aparece en la Tabla 2. En la Tabla 3 se calcula la inversión de capitales necesaria. El costo se estima en términos de la porción en moneda libremente convertible (MLC) y de la porción en moneda nacional (MN). Los costos de O/M de personal, electricidad y productos químicos se estiman en: MLC (17,000 USD) y MN (1,142,000 pesos) en el 2011 cuando el sistema comience sus operaciones y ascenderá a MLC (249,000 USD) y MN (1,658,000 pesos) en el 2030 cuando se incremente el volumen de agua residual en el sistema de alcantarillado.

**Tabla 2 Componentes del sistema de alcantarillado del Plan Maestro**

Etapa	Mejoramiento del sistema de alcantarillado existente	Desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado
<p><b>Primera etapa</b></p> <p>Del 2008 al 2010</p>	<p>Realizar los estudios detallados de las interconexiones con el fin de identificarlas y preparar el diseño para la instalación de la tubería de conexión y resolver así el problema en la zona relacionada con el Dren Matadero.</p> <p>Realizar estudios detallados de las condiciones físicas de la estructura del sifón y preparar un plan de rehabilitación que incluya la instalación de una estructura adicional, de ser necesario.</p> <p>Adoptar medidas para solucionar el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero.</p> <p>Rehabilitar las dos unidades de las cámaras de rejillas de Caballería.</p> <p>Rehabilitar la estación de bombeo de Casablanca incluyendo la sustitución del equipo de bombeo existente con cuatro nuevas unidades, <math>Q=1.75 \text{ m}^3/\text{s}</math>, Altura de bombeo=8 m, con una de reserva.</p> <p>Construir la Estación de Bombeo de Matadero propuesta.</p> <p>Instalar la tubería de interconexión propuesta entre el Colector Cerro y la Estación de Bombeo de Matadero.</p> <p>Instalar el colector a presión y el Colector Sur Nuevo propuesto entre la Estación de Bombeo de Matadero y las cámaras de rejillas de Caballería.</p>	<p>Instalar el Colector propuesto para la margen derecha de Luyanó Martín Pérez.</p> <p>Instalar el Colector propuesto para la margen izquierda del Río Luyanó.</p> <p>Construir las instalaciones para el tratamiento biológico secundario de las aguas residuales en la PTAR Luyanó con una capacidad de tratamiento de 207 L/s, lo que elevaría la capacidad total de tratamiento a 407 L/s o 35,200 m<sup>3</sup>/d, incluyendo la capacidad de 200 L/s desarrollada con el proyecto del GFE/PNUD.</p> <p>Instalar redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.</p>
<p><b>Segunda etapa</b></p> <p>Del 2011 al 2015</p>	<p>Realizar los estudios detallados de las interconexiones con el fin de identificarlas y preparar el diseño para la instalación de la tubería de conexión y solucionar así el problema en las zonas relacionadas con el Dren Agua Dulce.</p> <p>Adoptar medidas para resolver el problema de las interconexiones en las zonas relacionadas con el Dren Agua Dulce.</p> <p>Rehabilitar el Colector Sur.</p> <p>Construir el Colector Sur A.</p> <p>Construir una estación de bombeo (estación de rebombeo) después del túnel de conducción, con cuatro unidades de <math>Q = 1.75 \text{ m}^3/\text{s}</math>, Altura de bombeo=5 m, incluyendo una de reserva.</p> <p>Realizar una reparación menor del túnel de conducción existente.</p> <p>Sustituir el emisario submarino.</p>	<p>Extender el Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez.</p> <p>Extender el Colector de la margen izquierda de Luyanó.</p> <p>Incrementar la capacidad de tratamiento de la PTAR Luyanó en 207 L/s, lo que elevaría la capacidad total de tratamiento a 614 L/s o 53,100 m<sup>3</sup>/d.</p> <p>Instalar redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.</p>
<p><b>Tercera etapa</b></p> <p>Del 2016 al 2020</p>	<p>Adoptar medidas para resolver el problema de las interconexiones en las zonas relacionadas con el Dren Agua Dulce.</p>	<p>Extender el Colector de la margen derecha del Luyanó-Martín Pérez..</p> <p>Extender el Colector de la margen izquierda del río Luyanó.</p> <p>Incrementar la capacidad de tratamiento de la PTAR Luyanó en 207 L/s, lo que elevaría la capacidad de tratamiento a 821 L/s o 71,000 m<sup>3</sup>/d.</p> <p>Instalar redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.</p>

**Tabla 3 Inversión total de capitales necesaria para el P/M de alcantarillado**

Aspecto	Mejoramiento del alcantarillado existente		Desarrollo del nuevo alcantarillado		Total	
	MLC	MN	MLC	MN	MLC	MN
<b>Inversión de capitales para el P/M</b>						
Costo directo	27,406	16,484	80,826	49,717	108,232	66,201
Costo indirecto	5,759	3,973	16,166	11,435	21,925	15,409
Total	33,165	20,457	96,992	61,152	130,157	81,610
<b>Inversión de capitales por etapas</b>						
Primera etapa	14,869	9,111	37,027	23,676	51,895	32,788
Segunda etapa	14,116	8,491	26,968	16,553	41,086	25,043
Tercera etapa	4,180	2,855	32,997	20,923	37,176	23,779

Unidad: MLC: Miles deUSD, MN: Miles de pesos cubanos.

Las TFRI se calcularon para cuatro casos diferentes, a saber, USD, pesos cubanos, combinación de dólares y pesos 1:1, y la misma combinación 26:1 contemplando el aumento de las tarifas de servicio (de seis veces para los usuarios que pagan en pesos, y de 2.3 veces para los usuarios que pagan en dólares) y la introducción de la contribución de 2 dólares pagada por los turistas extranjeros que visitan La Habana. Las TERI se calcularon igualmente a partir de la Voluntad de pago (VDP) para determinar los beneficios económicos: la VDP de los habitantes se estima en 11 pesos por núcleo al mes a partir de la encuesta realizada, la VDP de las industrias se basa en las tarifas del alcantarillado, y la contribución de 2USD de los turistas. En la Tabla 4 se muestran los indicadores financieros y económicos para los casos donde se combinan ambas monedas.

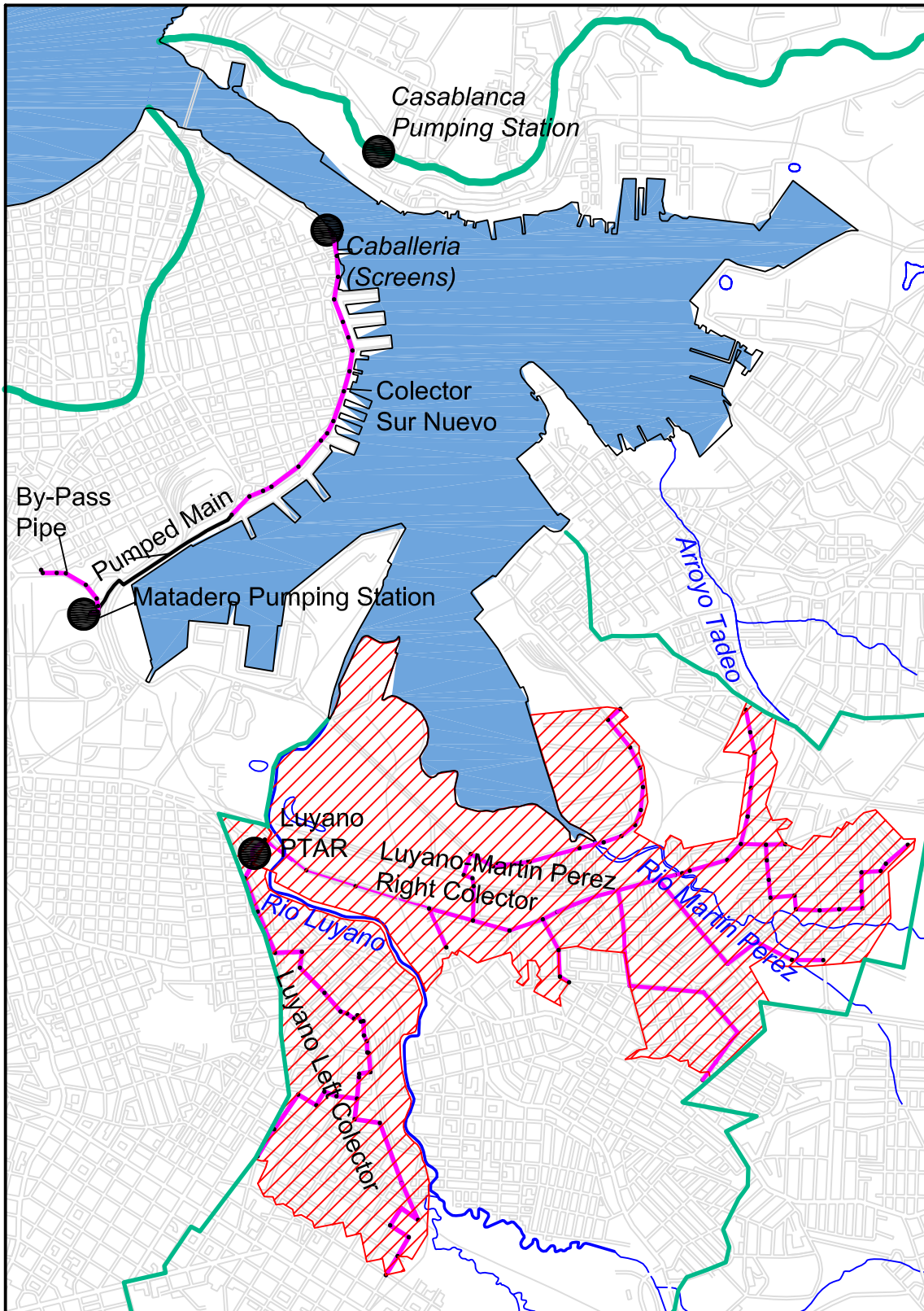
**Tabla 4 Indicadores financieros y económicos para el Plan Maestro de Alcantarillado**

Indicador	US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	Observaciones
<b>Análisis financiero</b>			Tasa de descuento
TFRI	21.0%	1.8%	US\$ 6%
C/B	2.1	0.6	Pesos 8%
VNP	(Ps) 135,728	(Ps) -877,044	
<b>Análisis económico</b>			Tasa de descuento
TERI	54.6%	7.6%	US\$ 10%
C/B	4.9	0.8	Pesos 10%
VNP	(Ps) 309,814	(Ps) -210,707	

## 4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO PRIORITARIO

### (1) Proyecto Prioritario

Los componentes del alcantarillado propuestos para el proyecto de la primera etapa, y que aparecen en la Tabla 2 y Figura 2, se seleccionaron como los Proyectos Prioritarios.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAGE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

Figura 2  
Componentes del Proyecto Prioritario

En la Tabla 3, se muestra asimismo la inversión de capital necesaria para los Proyectos Prioritarios (proyecto de la primera etapa). Los costos de O/M se estiman en: MLC(17,000 US\$) y MN (1,142,000 pesos) en el 2011 cuando el sistema comience sus operaciones y ascenderá a MLC (83,000 US\$) y MN (1,209,000 pesos) en el 2020 en la medida en que aumente el volumen de agua residual en el sistema de alcantarillado.

El Proyecto Prioritario se basa en la explotación al máximo tanto del sistema de alcantarillado existente como del nuevo sistema de alcantarillado con el fin de reducir eficazmente las cargas contaminantes vertidas en la Bahía de La Habana. Con el Proyecto se dispondrán de instalaciones rentables para la colección y el tratamiento de las aguas residuales que cubrirán el área urbana más densamente poblada y seriamente degradada de la cuenca de la Bahía de La Habana. Se evalúa cada uno de los componentes del sistema de alcantarillado y se confirma su idoneidad y solidez para implementarlo.

Con el Proyecto Prioritario, el nivel de OD oscilará entre 1.5 y 2.0 mg/L en las ensenadas de Atarés y Guasabacoa, comparado con el nivel de 2.0 a 2.5 mg/L con la implementación del P/M. Si se compara con los niveles de OD existentes en Atarés por debajo de 1.0 mg/L, la mejoría en el rango de 1.5 a 2.0 mg/L gracias a la implementación de los Proyectos Prioritarios será significativa considerando el objetivo a largo plazo de alcanzar los 3.0 mg/L y por la eliminación de la descarga de contaminantes en la ensenada de Atarés.

## (2) Evaluación económica y financiera

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los indicadores financieros y económicos para los Proyectos Prioritarios en la combinación de ambas monedas.

**Tabla 5 Indicadores financieros y económicos para los Proyectos Prioritarios**

Indicador	US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	Observaciones
<b>Análisis financiero</b>			Tasa de descuento
TFRI	28.1%	7.3%	US\$ 6%
C/B	3.6	1.1	Pesos 8%
VNP	(Ps) 172,020	(Ps) 87,185	
<b>Análisis económico</b>			Tasa de descuento
TERI	55.3%	13.4%	US\$ 10%
C/B	7.1	1.3	Pesos 10%
VNP	(Ps) 292,477	(Ps) 226,272	

### 1) Evaluación financiera

Las TFRI, los VNP y las proporciones C/B muestran valores elevados y positivos. los resultados indican que los ingresos derivados de los usuarios y de la contribución de los turistas son suficientes para pagar el costo de onstrucción y de O/M del proyecto. Por tanto, se considera que el proyecto es financieramente viable en las condiciones asumidas. Las TFRI son sensibles tanto a los cambios en los costos de construcción como a los cambios en los ingresos. Con un incremento del 20 % en el costo de construcción y una disminución del 20 % en los ingresos, las TFRI aún se mantienen por encima del 5 porciento, cifra considerada robusta.

Los presupuestos principales para el análisis financiero se han evaluado de la manera siguiente:

**Tipo de cambio:** En consonancia con las incertidumbres en cuanto al mercado de cambio de divisas, si se aplicara el tipo de cambio de 1:1, la situación se consideraría como la más favorable para la agencia ejecutora. En otras palabras, la situación más desfavorable sería la

aplicación del tipo de cambio de 1:26. Esperamos que se aplique un tipo de cambio intermedio.

**Tarifa de alcantarillado para usuario doméstico:** A pesar de que un incremento de seis veces en siete años puede parecer poco realista, tal resultado es justificable. La cuenta actual del alcantarillado de 6 pesos por persona al año puede convertirse aproximadamente en 2 pesos por núcleo al mes. Si se considera que el ingreso promedio mensual por vivienda asciende a 760 pesos, los 2 pesos representan sólo el 0.26 por ciento del ingreso. Incluso después del aumento de seis veces, la cuenta del alcantarillado representará solamente el 1.58 por ciento del ingreso del núcleo familiar. A propósito, no se considera aquí el incremento real de los ingresos que probablemente tenga lugar en el transcurso del proyecto.

**Tarifa de alcantarillado para entidades estatales y usuarios institucionales:** Las tarifas asumidas resultan ser un incremento de cinco veces en siete años. Comparada con el aumento de la tarifa para los usuarios domésticos, que es de seis veces en siete años, tal incremento es aún inferior.

**Tarifa de alcantarillado para personas con ingresos en divisas:** Un incremento del 83 por ciento en siete años es pequeño en comparación con el aumento de la tarifa para usuarios domésticos (500%) y el aumento de la tarifa para entidades estatales (400%).

**Contribución de los turistas extranjeros:** A partir de un análisis realizado por el Equipo de Estudio japonés, puede aplicarse la cantidad de 2 dólares estadounidenses per cápita como la contribución a pagar por los turistas extranjeros para los proyectos de alcantarillado. Los 2 dólares representan el 0,2 por ciento del gasto promedio por turista en Cuba, cifra razonable en comparación con la mayoría de los gastos por concepto de entretenimiento que pagan los turistas.

## 2) Evaluación económica

Todas las TERI de las combinaciones de USD y pesos sobrepasan el 10 por ciento. Las C/B y los VNP también se consideran muy elevados en todas las combinaciones, lo que significa que el proyecto es económicamente sólido y su implementación justificable. Con un incremento del 20 por ciento en el costo de construcción y una disminución del 20 por ciento en los ingresos, las TERI aún se mantienen por encima del 10 por ciento, cifra considerada robusta.

El Proyecto Prioritario brinda asimismo una serie de beneficios económicos que resulta difícil de cuantificar. Algunos de tales beneficios se resumen en la Tabla 6.

**Tabla 6. Beneficios económicos no cuantificables.**

<b>Aspecto</b>	<b>Beneficio</b>
Disminución de enfermedades	Disminuirá la morbilidad de enfermedades transmitidas por el agua y de enfermedades intestinales. Se prevén ahorros en los gastos de salud.
Sustitución de sistemas obsoletos	Se prevén ahorros con la eliminación de viejos tanques sépticos y sentinas que poseen una vida útil menor y cuyos costos de O/M son superiores.
Incremento de actividades recreativas y turísticas	Una bahía más limpia atraerá mayor cantidad de turistas extranjeros e incidirá en el aumento de las actividades recreativas a las que podrá acceder la población.
Incremento del valor de la tierra	Aumentará el valor de la tierra en el área de servicio de alcantarillado y en las zonas circundantes a la bahía.
Protección de la flora y la fauna	Se protegerán los peces y otras criaturas vivientes cuya subsistencia depende de la bahía.
Ingresos provenientes de los derivados	El lodo resultante de la PTAR puede emplearse en la agricultura y en la producción industrial.
Mejoramiento de la calidad de vida	El valor estético del medio ambiente mejorado de la bahía enriquecerá la calidad de vida de la población.

### **(3) Evaluación del impacto ambiental (EIA)**

El Estudio de la EIA demostró que los Proyectos Prioritarios son ambientalmente seguros. No obstante, se prevé la ocurrencia de impactos localizados debido a la generación de olores desagradables y de lodos en las instalaciones del alcantarillado a menos que se cumplan con los procedimientos de mantenimiento apropiados. Se prevén asimismo impactos negativos durante la fase constructiva. Se recomienda la aplicación de varias de las medidas de prevención/mitigación derivadas de los resultados del Estudio de la EIA como acciones necesarias en las etapas posteriores del Proyecto Prioritario.

**ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL  
DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA  
DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPÚBLICA DE CUBA**

**ÍNDICE**

VOLUMEN I	RESUMEN EJECUTIVO (EN ENGLÉS)
VOLUMEN II	INFORME PRINCIPAL (EN ENGLÉS)
VOLUMEN III	INFORME COMPLEMENTARIO (EN ENGLÉS)
VOLUMEN IV	RESUMEN EJECUTIVO (EN ESPAÑOL)
VOLUMEN V	INFORME PRINCIPAL (EN ESPAÑOL)

**VOLUME IV RESUMEN EJECUTIVO**

AREA DE ESTUDIO, MAP DE UBICACIÓN  
RESUMEN DE ESTUDIO

**PARTE I ESTUDIO BÁSICO**

<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>R-1</b>
1.1.1 ANTECEDENTES	R-1
1.1.2 RESUMEN DEL ESTUDIO	R-2
1.1.3 COMPOSICIÓN DE LOS INFORMES	R-2
<b>1.2 ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>R-2</b>
1.2.1 CONDICIONES FÍSICAS	R-2
1.2.2 CONDICIONES SOCIO-ECONÓMICAS	R-3
1.2.3 ESTRUCTURA URBANA	R-6
<b>1.3 BAHÍA DE LA HABANA</b>	<b>R-7</b>
1.3.1 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS	R-7
1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DEL AGUA	R-7
1.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS	R-8
<b>1.4 CARGA DE CONTAMINACIÓN ACTUAL</b>	<b>R-8</b>
<b>1.5 INTERCONEXIONES</b>	<b>R-9</b>
1.5.1 GENERALIDADES	R-9
1.5.2 ESTUDIO PRELIMINAR	R-9
1.5.3 ESTUDIO ADICIONAL	R-10



**PARTE II PLAN MAESTRO**

**2.1 INTRODUCCIÓN .....R-12**

**2.2 ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA BAHÍA DE LA HABANA .....R-14**

2.2.1 OBJETIVOS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO .....R-14

2.2.2 NIVEL DE TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LAS AGUAS RESIDUALES ...R-15

**2.3 ESTRUCTURA DE LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....R-20**

2.3.1 ÁREA DE PLANIFICACIÓN .....R-20

2.3.2 POBLACIÓN .....R-20

2.3.3 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....R-21

2.3.4 CARGA DE CONTAMINACIÓN .....R-23

2.3.5 CAUDAL DE ENTRADA/INFILTRACIÓN .....R-24

**2.4 ESTUDIOS SOBRE EL MEJORAMIENTO Y EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....R-25**

2.4.1 GENERALIDADES .....R-25

2.4.2 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....R-25

2.4.3 PLAN DE DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO HASTA EL AÑO 2020 .....R-27

**2.5 PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....R-31**

2.5.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO .....R-31

2.5.2 PROGRAMA DE EJECUCIÓN PROPUESTO .....R-31

2.5.3 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL .....R-35

2.5.4 COSTOS DEL PROYECTO .....R-37

2.5.5 EFECTOS DEL PROYECTO EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA .....R-42

2.5.6 CAPACIDAD DE FINANCIAMIENTO .....R-43

2.5.7 EVALUACIÓN FINANCIERA .....R-46

2.5.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....R-48

2.5.9 PROYECTOS PRIORITARIOS PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....R-52

**2.6 RECOMENDACIONES .....R-53**

2.6.1 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....R-53

2.6.2 DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....R-53

2.6.3 MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO DE LA BAHÍA .....R-54

2.6.4 OTRAS RECOMENDACIONES .....R-55

**PARTE III ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

**3.1 INTRODUCCIÓN .....R-56**

**3.2 PROYECTO PRIORITARIO .....R-56**

3.2.1 FUNDAMENTOS DE DISEÑO .....R-56

R-41

3.2.2 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....	R-57
3.2.3 DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-58
<b>3.3 EJECUCIÓN DEL PROYECTO PRIORITARIO .....</b>	<b>R-61</b>
3.3.1 PROGRAMA DE EJECUCIÓN .....	R-61
3.3.2 ESTIMADOS DE COSTO DEL PROYECTO .....	R-61
3.3.3 ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES .....	R-65
<b>3.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>R-71</b>
3.4.1 EVALUACIÓN TÉCNICA .....	R-71
3.4.2 EVALUACIÓN FINANCIERA .....	R-72
3.4.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	R-75
3.4.4 EVALUACIÓN AMBIENTAL .....	R-77
<b>3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>R-81</b>
3.5.1 CONCLUSIONES .....	R-81
3.5.2 RECOMENDACIONES .....	R-81

#### **LISTA DE TABLAS**

TABLA 1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS RÍOS TRIBUTARIOS QUE DESEMBOCAN EN LA BAHÍA DE LA HABANA .....	R-3
TABLA 1.2 DATOS DEL CENSO DE POBLACIÓN Y ESTIMADO .....	R-3
TABLA 1.3 POBLACIÓN DENTRO DE LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA, AÑO 2000 .....	R-4
TABLA 1.4 PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) .....	R-5
TABLA 1.5 CANTIDAD DE TURISTAS E INGRESOS POR CONCEPTO DEL TURISMO (EN MILLONES) .....	R-5
TABLA 1.6 USO ACTUAL DE LA TIERRA .....	R-6
TABLA 1.7 RELACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN Y LA DESCARGA (PRELIMINAR) .....	R-9
TABLA 1.8 RESULTADOS DE ESTUDIO PARA INTERCONEXIONES .....	R-10
TABLA 2.1 NORMAS DE CALIDAD (EN PREPARACIÓN) PARA EL AGUA DE LA BAHÍA Y ZONAS COSTERAS .....	R-14
TABLA 2.2 OBJETIVOS Y RESPONSABILIDADES DE CADA SECTOR .....	R-15
TABLA 2.3 ÁREA DE PLANIFICACIÓN DEL ALCANTARILLADO (AÑO: 2020) .....	R-20
TABLA 2.4 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DENTRO DE LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	R-21
TABLA 2.5 POBLACIÓN DE SERVICIO DEL ALCANTARILLADO (AÑO: 2020) .....	R-21
TABLA 2.6 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	R-22
TABLA 2.7 GENERACIÓN FUTURA DE AGUA RESIDUAL PER CÁPITA .....	R-22
TABLA 2.8 RESUMEN DE LA GENERACIÓN DE AGUA RESIDUAL .....	R-23
TABLA 2.9 CARGA CONTAMINANTE PER CÁPITA .....	R-24
TABLA 2.10 CARGA CONTAMINANTE PER CÁPITA EN EL AGUA RESIDUAL DEL BAÑO Y EN EL AGUA GRIS .....	R-24
TABLA 2.11 PLAN DE MEJORAMIENTO PROPUESTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....	R-26
TABLA 2.12 BOSQUEJO DEL PLAN DE DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE	

	ALCANTARILLADO HASTA EL AÑO 2020 .....	R-28
TABLA 2.13	RESUMEN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO PROPUESTO .....	R-32
TABLA 2.14	RECOMENDACIONES PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES .....	R-35
TABLA 2.15	CANTIDAD DE EMPLEADOS PROPUESTA PARA LA OPERACIÓN DE LA PTAR Y DE LAS EB .....	R-36
TABLA 2.16	DEPARTAMENTOS Y PERSONAL DE LA OFICINA PRINCIPAL PROPUESTOS PARA EL P/M DE ALCANTARILLADO .....	R-37
TABLA 2.17	COMPONENTES DE COSTO DE LA INVERSIÓN DE CAPITALES .....	R-38
TABLA 2.18	INVERSIÓN TOTAL DE CAPITALES NECESARIA PARA EL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO .....	R-38
TABLA 2.19	INVERSIÓN DE CAPITALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL .....	R-39
TABLA 2.20	INVERSIÓN DE CAPITALES PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-40
TABLA 2.21	COSTO ANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTOS DEL P/M DE ALCANTARILLADO .....	R-41
TABLA 2.22	REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE CON EL P/M DEL DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-42
TABLA 2.23	REDUCCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE CON EL P/M DEL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-42
TABLA 2.24	CASO 1- CONDICIONES EXISTENTES (AÑO 2002) .....	R-43
TABLA 2.25	CASO P/M .....	R-43
TABLA 2.26	ANÁLISIS DE LOS CONTAMINADORES Y LOS BENEFICIARIOS .....	R-44
TABLA 2.27	PRECIOS BÁSICOS EN CIUDAD DE LA HABANA .....	R-45
TABLA 2.28	TARIFAS DE ALCANTARILLADO Y CONTRIBUCIÓN .....	R-47
TABLA 2.29	RESULTADOS DE LOS INDICADORES FINANCIEROS DE CADA CASO DEL ANÁLISIS DEL FLUJO DE EFECTIVOS .....	R-48
TABLA 2.30	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-48
TABLA 2.31	FACTORES DE CONVERSIÓN PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO .....	R-49
TABLA 2.32	VALORES ECONÓMICOS DE LOS TERRENOS .....	R-50
TABLA 2.33	INDICADORES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL P/M DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-51
TABLA 2.34	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECÓNICA DEL P/M DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-51
TABLA 2.35	PÉRDIDAS PROVOCADAS POR LA CONTRACCIÓN DE DIARRHEA .....	R-52
TABLA 3.1	POBLACIÓN CUBIERTA POR EL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-56
TABLA 3.2	CANTIDADES DE AGUA RESIDUAL RELACIONADA CON EL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-57
TABLA 3.3	TRABAJOS PROPUESTOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA CENTRAL DE ALCANTARILLADO COMO PARTE DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-58
TABLA 3.4	TRABAJOS PROPUESTOS PARA EL DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMO PARTE DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-59
TABLA 3.5	COMPONENTES DE COSTO DE LA INVERSIÓN DE CAPITALES .....	R-61
TABLA 3.6	INVERSIÓN DE CAPITALES PARA EL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-61
TABLA 3.7	COSTO ANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-64
TABLA 3.8	TARIFAS DE ALCANTARILLADO Y CONTRIBUCIÓN DE LOS TURISTAS EXTRANJEROS .....	R-72

TABLA 3.9	RESULTADOS DE LOS INDICADORES FINANCIEROS DE CADA CASO DE ANÁLISIS DEL FLUJO DE EFECTIVO .....	R-73
TABLA 3.10	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERA DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-73
TABLA 3.11	RESULTADOS DE LOS INDICADORES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO .....	R-76
TABLA 3.12	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-76

### **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1.1	INTERCONEXIÓN DEL REGISTRO DEL ALCANTARILLADO AL DRENAJE A CAUSA DE LA CAPACIDAD INSUFICIENTE DEL ALCANTARILLADO .....	R-11
FIGURA 2.1	DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMULAR EL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	R-13
FIGURA 2.2	COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE OD EN LA BAHÍA DE LA HABANA (AÑO 2020) CON LAS NORMAS .....	R-16
FIGURA 2.3	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE OD PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	R-19
FIGURA 2.4	PLANO ESQUEMÁTICO DEL DESARROLLO POR ETAPAS DE LA CAPACIDAD DE LA PTAR LUYANÓ .....	R-30
FIGURA 2.5	PROGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN .....	R-34
FIGURA 3.1	MAPA GENERAL DEL PROYECTO PRIORITARIO PROPUESTO PARA LA CUENCA DE LA BAHÍA DE LA HABANA .....	R-60
FIGURA 3.2	PROGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO PRIORITARIO .....	R-62
FIGURA 3.3	ESTRUCTURA INSTITUCIONAL DEL PROYECTO. COMITÉ SUPERVISOR PROPUESTO .....	R-68
FIGURA 3.4	ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL PROPUESTA PARA EL DISEÑO Y LA SUPERVISIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES. ....	R-70
FIGURA 3.5	COMPARACIÓN ENTRE LA GENERACIÓN Y LA REDUCCIÓN DE LAS CARGAS CONTAMINANTES – DBO5 .....	R-79
FIGURA 3.6	RESULTADOS DE LOS NIVELES DE OD PARA EL P/M Y EL E/F .....	R-80

### **ABREVIATURA**

JBIC	=	Banco Japonés de Cooperación Internacional
BID (BIAD)	=	Banco Interamericano de Desarrollo
CAS	=	Proceso Convencional de Lodo Activado
CAP	=	Consejo de la Administración Provincial
CAR	=	Convención del Cartagena
C/B	=	Ratio Costo : Beneficio
CDR	=	Comité de Defensa de la Revolución
CECM	=	Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros
CENHICA	=	Centro Nacional para la Hidrología y la Calidad del Agua
CIMAB	=	Centro Cubano de Ingeniería y Dirección de Medio Ambiente de Bahías y Zonas Costeras
CITMA	=	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
DISM	=	Consejo de Administración de Seguridad Marina y Protección
CTC	=	Central de Trabajadores de Cuba
DPRH	=	Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Ciudad de La Habana
DRH	=	Desarrollo de los Recursos Humanos

EAH	=	Empresa de Aprovechamiento Hidráulico
EAI	=	Examen Ambiental Inicial
EB	=	Estacion Bombeo
EE.UU.	=	Estados Unidos de America
EIA	=	Evaluación de Impacto Ambiental
FC	=	Factor de conversión
FCE	=	Factor de conversión estándar
FEEM	=	Federación Estudiantil de la Enseñanza Media
FEU	=	Federación Estudiantil Universitaria
FMC	=	Federación de Mujeres Cubanas
FMI	=	Fondo Monetario Internacional
GEAA	=	Grupo Empresarial de Acueducto y Alcantarillado
GEF	=	Facilidad Medioambiental global
GOC	=	Gobierno de la Republica de Cuba
GOJ	=	Gobierno de Japon
GTE	=	Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, Conservación y Desarrollo de la Bahía de La Habana
INRH	=	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
ISO	=	Organización de las Normas internacional
JICA	=	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
ME	=	Moneda Extranjera
MINAG	=	Ministerio de Agricultura
MINBAS	=	Ministerio de la Industria Básica
MININT	=	Ministerio del Interior
MINSAP	=	Ministerio de Salud Pública
MINTRANS, MITRANS	=	Ministerio del Transporte
MINVEC	=	Ministerio de Inversion Extranjera y la Colaboracion Economica
MIZC	=	Manejo Integral de Zonas Costeras
MIP	=	Ministerio de la Pesca
MN	=	Moneda Nacional
NC	=	Norma Cubana (la Norma Nacional)
OD	=	Zanja de Oxidación
O/M, OyM	=	Operación y Mantenimiento
ONAT	=	Oficina Nacional de Administración Fiscal
ONG	=	Organización no Gubernamental
OPJM	=	Organización de Pioneros José Martí
PCC	=	Partido Comunista de Cuba
PIB	=	Producto Interno Bruto
P/M	=	Plan Maestro
PNB	=	Producto Nacional Bruto
PNUD	=	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
P/S	=	Estación de Bombeo
PTAR	=	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RA	=	Retorno de Activos
SAMARP	=	Empresa de Saneamiento Marítimo Portuario
TRIE	=	Tasa de Rendimiento Interno Económico
TRIF	=	Tasa de Rendimiento Interno Financiero
UJC	=	Unión de Jóvenes Comunistas
UNEP	=	Programa de Ambiente de Naciones Unidas
UNESCO	=	Educacion de los Naciones Unidas y la Organización Cientifica
VDP	=	Voluntad de Pagar
VNP	=	Valor neto Presente

Químicos

Chl-a	=	Clorofila -a
DBO <sub>5</sub> (o DBO)	=	Demanda Bioquímica de Oxígeno ( de 5 dias en el 20°C)
DQO	=	Demanda Química de Oxígeno (Dicromato)
DQO <sub>Mn</sub>	=	Demanda Química de Oxígeno (manganato)
HC	=	Hidrocarburos
OD	=	Oxígeno Disuelto
NMP (o MPN)	=	Número Más Probable
N-NH <sub>4</sub> (o NH <sub>4</sub> -N)	=	Nitrógeno Amoníaco
N-NO <sub>2</sub> (o NO <sub>2</sub> -N)	=	Nitrógeno Nitrito
N-NO <sub>3</sub> (o NO <sub>3</sub> -N)	=	Nitrógeno Nitrato
N-T (o T-N)	=	Nitrógeno Total
NTK (o TKN)	=	Nitrógeno Total (Metodo Kjeldahl)
P-PO <sub>4</sub> (o PO <sub>4</sub> -P)	=	Fosfatos
P-T (T-P)	=	Fósforo Total
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	=	Sulfato
SS	=	Sólidos en Suspensión
STS	=	Sólidos en Suspensión Totales
ST (o TS)	=	Sólidos Totales
TOC	=	Carbon Organica total

## **PARTE I: ESTUDIO BÁSICO**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

#### **1.1.1 ANTECEDENTES**

La Ciudad de la Habana es la ciudad de mayor extensión del Caribe y el centro económico, político y cultural de Cuba. La población total estimada es de aproximadamente 2,188,000 (año 2000), casi un 20% de la población total de 12,000,000 de Cuba.

La Bahía de la Habana con un área de 5.0 km<sup>2</sup>, una profundidad promedio de 9 metros y una capacidad de 47 millones de metros cúbicos desempeña un papel muy importante como puerto comercial e industrial y lugar de atracción turística. La cuenca de la bahía posee un área de 68 km<sup>2</sup> y una población de alrededor de 800,000 habitantes (año 2000), que representa un 37% de la población de la Ciudad de la Habana. Al ser un medio acuático cerrado, no existe un buen intercambio entre el agua de la bahía y el agua del mar. Los contaminantes provenientes de las aguas residuales de origen doméstico e industrial se descargan en la bahía sin tratamiento adecuado, lo que trae consigo la contaminación del agua y la acumulación de contaminantes en el fondo de la bahía.

Si no se adoptan medidas efectivas para el control de la contaminación del agua, la calidad del agua empeorará y la eutroficación afectará el ecosistema acuático de la bahía y por ende el turismo de La Habana y la economía de Cuba.

Con el fin de resolver el problema de la contaminación del agua y mejorar el medio ambiente acuático de la bahía, el gobierno de Cuba creó el Grupo de trabajo estatal para el saneamiento, la conservación y el desarrollo de la Bahía de La Habana (GTE) encargado de coordinar el trabajo de las entidades relacionadas con la Bahía de La Habana. El GTE es la autoridad del estado responsable de la planificación, la coordinación, la organización y el control del programa de saneamiento y gestión ambiental a nivel local. Entre 1995 y 1997, con la colaboración del GEF/PNUD, agencias que propusieron la creación del GTE, el Grupo realizó un estudio acerca de las medidas para el control de la contaminación del agua en el área de la Bahía de La Habana.

En estas circunstancias, a fin de reducir las cargas contaminantes que se descargan en la Bahía de La Habana por las distintas fuentes de contaminación y mejorar el medio ambiente acuático en la Bahía de La Habana, el Gobierno de Cuba solicitó al gobierno del Japón asistencia técnica para la formulación del Plan Maestro (P/M) del Sistema de Alcantarillado y Drenaje y el Estudio de Factibilidad (E/F) para los Proyectos de Alcantarillado seleccionados en el Plan Maestro.

En respuesta a la solicitud del Gobierno de Cuba, JICA envió una Misión de Estudio Preparatoria encabezada por la Sra. Keiko YAMAMOTO a la República de Cuba, entre el 17 de febrero y el 8 de marzo del 2002, para discutir el Alcance de Trabajo para el Estudio del Desarrollo del Alcantarillado y el Drenaje Pluvial en la Cuenca Tributaria de la Bahía de la Habana en la República de Cuba. El Alcance del Estudio fue firmado finalmente entre el Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, la Conservación y el Desarrollo de la Bahía de La Habana, (GTE-BH), y JICA.

### 1.1.2 RESUMEN DEL ESTUDIO

Los objetivos del Estudio son los siguientes:

- Formular un plan maestro para mejorar el sistema de alcantarillado y drenaje relacionado con la Bahía de la Habana hasta el año 2020
- Realizar un estudio de factibilidad para el (los) proyecto (s) prioritario (s) seleccionado (s) en el plan maestro y
- Realizar la transferencia de tecnología al personal de la contraparte cubana en el transcurso del Estudio.

El Estudio se ha realizado en tres etapas:

- Primera etapa: Estudio Básico
- Segunda etapa: Formulación del Plan Maestro
- Tercera etapa: Estudio de factibilidad del Proyecto Prioritario

### 1.1.3 COMPOSICIÓN DE LOS INFORMES

El Informe se compone de los siguientes elementos:

Volumen I: Resumen ejecutivo (En Inglés)

Volumen II: Informe principal, Parte I: Plan Maestro, Parte II: Estudio de factibilidad  
(En Inglés)

Volumen III: Informe complementario (En Inglés)

Volumen IV: Resumen ejecutivo (En Español)

Volumen V: Informe principal, Parte I: Plan Maestro, Parte II: Estudio de factibilidad  
(En Español)

## 1.2 ÁREA DE ESTUDIO

### 1.2.1 CONDICIONES FÍSICAS

#### (1) Meteorología

Se resumen a continuación las condiciones climáticas del Área de Estudio.

#### 1) Temperaturas

La temperatura promedio superior anual en la Ciudad de la Habana es de 28.8°C, mientras que la temperatura promedio inferior anual es de 21.4°C. Las temperaturas más alta y más baja registradas fueron de 35.8°C y 8.5°C respectivamente. La temperatura promedio en el mes más cálido, agosto, es de 27.3°C, mientras que en febrero, el más frío, es de 21.6°C.

#### 2) Precipitaciones y humedad

El promedio anual de precipitaciones es de 1,411 mm; en la época de lluvia, o sea, de mayo a octubre, La Habana recibe el 70% del total anual de lluvia. Los meses más lluviosos son septiembre y octubre. La humedad relativa en general es alta, con un promedio anual de 79.5.



## (2) Hidrología

Tres ríos –Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo—drenan a la bahía desde la parte sur de la cuenca con un área total 45.7 km<sup>2</sup>. El Río Luyanó es el mayor en cuanto a área de cuenca, longitud y caudal.

En estos ríos no existen estaciones de medición permanentes. La Tabla 1.1 muestra las características de los tres ríos.

**Tabla 1.1 Características de los ríos tributarios que desembocan en la Bahía de la Habana**

Aspecto	Río Luyanó	Río Martín Pérez	Arroyo Tadeo	Total
Área de la cuenca, km <sup>2</sup>	30.0	13.1	2.6	45.7
Longitud del río, km	10.1	6.4	2.3	
Flujo en el año 2002*, m <sup>3</sup> /d	114,860	62,105	8,004	184,969
Volumen promedio, L/km <sup>2</sup> /s	0.1214	0.1503	0.0976	0.1283

Fuente : CIMAB, agosto del 2002.

El Río Luyanó nace desde una altura de aproximadamente 90m, mientras que el Río Martín Pérez se origina a una altura de 55m por encima del nivel promedio del mar. Arroyo Tadeo es una corriente urbana que recibe aguas residuales domésticas.

### 1.2.2 CONDICIONES SOCIO-ECONÓMICAS

#### (1) Población

La población actual de Cuba es de aproximadamente 12 millones de habitantes. El área es de 110.860 km<sup>2</sup> con una densidad total de población de 101 personas/km<sup>2</sup>, aproximadamente la misma que la de Francia. Las estadísticas para el año 2000 muestran un total de población de 11.217.100, del cual 8.445.036 (75%) vive en áreas urbanas. Cuba es altamente urbanizada, de aquí que las áreas rurales estén escasamente pobladas y las densidades de población en las áreas urbanas sean mucho mayores.

La Provincia Ciudad Habana, donde se localiza el Área de Estudio, tenía una población total estimada de cerca de 2.188.000 en el año 2000, casi el 20% de la población total de Cuba, y cerca de un 26% de la población total urbana. La densidad de población promedio de Ciudad de La Habana es algo superior a 3000 personas/km<sup>2</sup>. En la tabla a continuación se muestran los datos del censo de población para 1981 y los estimados del quinquenio 1995-2000 para la Provincia Ciudad Habana. Se puede apreciar una disminución después de 1996.

**Tabla 1.2 Datos del censo de población y estimados**

Año	Censo de 1981	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Población	1,929,432	2,184,990	2,204,333	2,197,706	2,192,321	2,189,716	2,186,332
% de cambio			0.885	-0.301	-0.245	-0.119	-0.155

La Dirección Provincial de Planificación Física ha estimado que la población dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana es de 795,144 (año 1996). La Tabla 1.3 muestra el estimado de la población dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana para el año 2000. En el Área de Estudio vive casi el 35% de la población de la provincia Ciudad Habana y el 51.6% de la población de los diez municipios que se hallan dentro del área de la cuenca. La densidad promedio de población dentro de la cuenca es de aproximadamente 11,250 habitantes/km<sup>2</sup>.

**Tabla 1.3 Población dentro de la cuenca de la Bahía de la Habana, año 2000**

Municipio	Población	Población dentro de la cuenca
Plaza de la Revolución	173,416	18,359
Centro Habana	153,878	73,684
Habana Vieja	99,499	97,026
Regla	42,870	40,764
Habana del Este	184,634	17,675
Guanabacoa	106,618	24,848
San Miguel del Padrón	154,675	145,803
Diez de Octubre	230,865	217,038
Cerro	135,729	97,889
Arroyo Naranjo	199,317	31,676
Total	1,481,501	764,762

## (2) Escala económica y tasa de crecimiento en la Ciudad de la Habana

La caída del Muro de Berlín en 1989 y la desaparición de la Unión Soviética en 1991 propinaron un serio golpe a la economía de Cuba. En el año 1990 comenzó el Período Especial en Tiempo de Paz, anunciando tiempos difíciles para todos los cubanos.

En la primera mitad de la década del '90, Cuba adoptó políticas más liberales con la autorización de algunas actividades propias del mercado libre, y encontró otros socios económicos que ya no eran del antiguo bloque soviético para formar empresas mixtas con capital extranjero. El capital provenía fundamentalmente de Canadá, Europa, y México, y las empresas mixtas se formaron en sus inicios en la industria petrolera, el turismo, las telecomunicaciones, y en el sector minero.

A comienzos de los '90, el PIB se redujo un 37 %. Sin embargo, a mitad de los años '90 la economía mostró signos de recuperación, aunque lenta, con aumentos en el PIB de alrededor de 1% 1994 y 1998. La apertura de todos los sectores de la economía a la inversión extranjera en 1995 (excepto la defensa, la salud, y la educación), condujo a la actual tendencia ascendente. Sin embargo, fuerzas externas, en particular la Ley Helms-Burton ha restringido la voluntad de los inversionistas con la amenaza de perder sus mercados en los Estados Unidos. De eliminarse esta amenaza, la economía cubana estuviera en condiciones de expandirse rápidamente. Los datos del PIB se resumen así:

**Tabla 1.4 Producto interno bruto (PIB)**

	Año 1996	Año 1997	Año 1998	Año 1999	Año 2000
Total del PIB(millones de pesos)					
A los precios actuales	22,815	22,952	23,901	25,504	27,635
A precios fijos(1981)	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556
% cambio, año por año	7.8%	2.5%	1.2%	6.2%	5.6%
Por gastos (millones de pesos a precios fijos, 1981)					
Consumo privado	6,085	6,120	6,315	6,599	6,904
Consumo del gobierno	4,749	4,809	4,957	5,000	5,133
Inversiones fijas brutas	1,166	1,180	1,254	1,615	2,185
Balance Exterior	2,403	2,375	2,302	2,586	2,467
Discrepancia estadística	-185	87	-74	-125	-132
Total	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556
Por sectores ( millones de pesos a precios fijos, 1981)					
Agricultura	1,075	1,074	1,018	1,123	1,253
Industria	4,949	5,314	5,490	5,843	6,168
Minería	177	182	184	186	213
Construcción	539	556	588	632	694
Electricidad, gas y agua	398	422	427	430	468
Productos industriales	3,835	4,155	4,291	4,595	4,794
Servicios	8,193	8,185	8,247	8,708	9,135
Total	14,218	14,572	14,754	15,674	16,556

Fuentes: Banco Central de Cuba

Con casi uno de cada cinco cubanos residiendo en La Habana, la pobre situación económica nacional se reflejó aún más en la capital. La ciudad con sus 55 complejos industriales resultó seriamente afectada por el bajón económico a comienzos de la década del '90, pero se halla en franco proceso de recuperación en la actualidad. La ciudad ha recibido asimismo el impulso del rápido crecimiento de la industria turística.

### (3) Tendencias en la industria turística

La industria turística fue uno de los primeros sectores de la economía en involucrarse con el capital extranjero. Desde la creación del Ministerio del Turismo en 1994, y la aprobación de la Ley de Inversión Extranjera en 1995, se han formado 13 grandes organizaciones, incluyendo empresas mixtas y operadores internacionales.

El Turismo se ha convertido en un área prioritaria en la economía con capacidad para generar una considerable cantidad de dólares estadounidenses y de oportunidades de empleo.

En la tabla siguiente se muestran las estadísticas relativas a la afluencia de turistas y a los ingresos provenientes del turismo.

**Tabla 1.5 Cantidad de turistas e ingresos por concepto del turismo (en millones)**

Cuba	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Llegadas internacionales	0.619	0.745	1.004	1.170	1.416	1.603	1.774
Total de turistas	0.617	0.742	0.999	1.153	1.390	1.561	1.741
Ingresos derivados del turismo (US\$)	0.850	1.100	1.333	1.515	1.759	1.901	1.948

Es probable que el número de turistas continúe en aumento, con el correspondiente incremento en los ingresos que hoy día han ya sobrepasado los 2 mil millones de dólares al año.

La Habana cuenta con alrededor del 28 % de las habitaciones/camas de Cuba, comparada con Varadero que cuenta con casi el 30 %. Los ingresos por concepto de turismo aumentaron un 230 % entre 1994 y el 2000, con un incremento del 150 % en el número de camas. El actual índice de ocupación de casi 75 % deja margen para un incremento superior de los ingresos provenientes del turismo en la medida en que aumenten las capacidades de alojamiento.

### 1.2.3 ESTRUCTURA URBANA

#### (1) Planificación urbana y uso de la tierra

En la tabla a continuación se resume el uso actual de la tierra en el Estudio.

**Tabla 1.6 Uso actual de la tierra**

Uso de la tierra	Área (km <sup>2</sup> )	Proporción (%)
1. Áreas comerciales y residenciales	40.55	61
2. Área industrial	13.20	20
3. Agricultura	6.25	10
4. Parques y áreas verdes	4.00	6
5. Áreas reservadas	2.00	3
Total	66.00	100

Fuente: Estudio de caso: Bahía de La Habana, Cuba, como parte del "Proyecto GEF/RLA/93/G41 Proyecto Regional Planificación y Manejo de Bahías y Áreas Costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe"

La proporción de áreas industriales, comerciales y residenciales sobrepasó el 80 %, indicativa de un alto grado de urbanización.

#### (2) Condiciones del suministro de agua y planes futuros

El actual sistema público de abasto de agua ofrece servicio a cerca de 2.2 millones de personas en los 15 municipios de la Ciudad de La Habana.

El volumen diario de agua producido es de 1,317,000m<sup>3</sup>/día, 48,400 m<sup>3</sup>/día de agua superficial tratada y 1,268,600m<sup>3</sup>/día de agua subterránea. Casi toda el agua suministrada a la ciudad (más del 96.6 %) es de origen subterráneo.

Del volumen total de entrada de 4,806 millones m<sup>3</sup>/año (1.32 millones m<sup>3</sup>/día), el volumen de unidad de agua suministrado per cápita se puede calcular como 604 litros per cápita por día (lpcd) con una población de servicio de 2,180,000. La cifra del volumen de unidad de suministro no es baja comparada con ciudades similares. Sin embargo, la situación real es que el agua de entrada se pierde en el proceso de producción, tuberías de transmisión, bombas, y redes de distribución de agua. Se estima que aproximadamente el 50% del agua de entrada se pierde en las tuberías de transmisión debido a la falta de capacidad y a la caducidad.

En la Ciudad de La Habana el suministro de agua las 24 horas es limitado. Por lo general el suministro promedio diario de agua es de unas 10 horas.

El INRH ha preparado un plan futuro para el mejoramiento de las condiciones de suministro de agua y el sistema de suministro de agua en Ciudad de La Habana, con financiamiento de la Unión Europea. Las normas cubanas de suministro de agua establecen un volumen de suministro per cápita de 220 lpcd de agua de uso doméstico para ciudades con una población de 500,000 habitantes y 470 lpcd para uso institucional y público, parques, carreteras.

## 1.3 BAHÍA DE LA HABANA

### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

Las características hidráulicas más importantes de la Bahía de La Habana pueden resumirse así:

- Las corrientes de marea dentro de la bahía son relativamente pequeñas debido al estrecho canal de entrada (270 m de ancho ) y a la baja amplitud de la marea (0.29 m como promedio ) en la bahía.
- El tiempo de retención del agua dulce en la bahía es de aproximadamente 4 meses y el intercambio de agua entre la bahía y el mar abierto es relativamente pequeño.
- Las profundidades promedio y máxima del agua de la bahía son de 9 y 17 metros respectivamente. Por tanto, la estratificación de la temperatura del agua se afectaría fácilmente a causa del viento o las fuertes corrientes. Por otra parte, la corriente de densidad tanto en dirección horizontal como vertical podría ser fuerte en algunos estuarios como el de Atarés y Guasabacoa a causa de la entrada de gran cantidad de agua dulce proveniente de los ríos y del drenaje pluvial.
- El intercambio de calor entre el agua de mar y la atmósfera sería uno de los factores más importantes para la temperatura del agua dentro de la bahía.
- Las precipitaciones, sobre todo en la estación lluviosa, podría promover la generación de corrientes de densidad en la bahía.

### 1.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Una comparación entre los datos sobre la calidad del agua en términos de OD y nutrientes obtenidos en el período 1986-1990 y los datos del 2002 indica que la calidad del agua de la bahía ha mejorado. Tal mejoramiento podría explicarse por la reducción de las cargas contaminantes a causa de la ralentización económica y a la contribución de los cambios introducidos en el tratamiento de las aguas residuales en la refinería.

De acuerdo con los resultados de los datos sobre la calidad del agua obtenidos por CIMAB en el 2002, así como de los resultados de las investigaciones de campo realizadas durante el Estudio y otras informaciones reportadas, las características de la contaminación del agua en la Bahía de La Habana pueden concluirse así:

- Las concentraciones de OD difieren considerablemente entre los distintos lugares de muestreo. Por lo general, las zonas acuáticas próximas a los estuarios dentro de la bahía y a las fuentes de entrada de aguas residuales muestran concentraciones inferiores de OD. En Atarés y Marimelena en particular, donde se descargan aguas residuales domésticas e industriales, el agotamiento del OD es notable. En la estación lluviosa, el OD disminuye considerablemente hasta alcanzar en ambas ensenadas un nivel de 2.0 mg/L. El bajo nivel de OD, sobre todo en el lecho de la bahía, trae consigo la liberación excesiva de nutrientes provenientes de los sedimentos, así como la asfixia de los recursos vivos. Tales nutrientes contribuirían al crecimiento de fitoplancton y provocarían la eutroficación del acuífero.
- La concentración de fósforo varía según la estación y la zona. Tanto para el fosfato como para el fósforo total, las concentraciones son más altas en la estación seca que en la estación lluviosa. En las zonas de Atarés, Marimelena y Guasabacoa se aprecian altas concentraciones de fósforo. Del gradiente de la concentración puede deducirse que la principal fuente externa de fósforo es la descarga provenientes de los ríos y de los canales de drenaje pluvial.

- Se observó una alta concentración de amoníaco en zonas internas de la bahía tales como las ensenadas de Atarés, Marimelena y Guasabacoa. En particular en la zona de Atarés, la concentración de  $\text{NH}_4\text{-N}$  tanto en la superficie como en la segunda capa llega a 0.5 mg/L. La concentración de  $\text{NO}_2\text{-N}$  y de  $\text{NO}_3\text{-N}$  y su variación en las distintas locaciones es comparativamente pequeña. Por tanto, puede considerarse que la distribución de amoníaco depende más de la carga contaminante proveniente de las fuentes de entrada de aguas residual y de la liberación de nutrientes de los sedimentos, mientras que la distribución de nitrito y de nitrato depende más del proceso de nitrificación que ocurre dentro de la bahía.
- Se apreció una alta concentración de SS en Atarés y Guasabacoa comparada con otras zonas. Tal concentración es similar a otros parámetros y puede atribuirse a la entrada de agua en suspensión a través de los ríos y de los canales de drenaje pluvial.
- Aunque se midieron los niveles de fitoplancton y de clorofila-a\_ dos parámetros muy importantes para evaluar el nivel de eutroficación+\_ la inconsistencia en los resultados de ambos parámetros dificulta la comprensión de las características de la producción primaria en la bahía. Como tendencia general, el Canal de Entrada y el Centro de la Bahía muestran una más alta concentración de clorofila-a. Las concentraciones de fitoplancton en el Canal de Entrada y en Atarés son relativamente altas. Si se compara con el nivel de nutrientes (nitrógeno y fósforo inorgánicos) en la bahía, puede afirmarse que la concentración de clorofila-a es relativamente baja.

### 1.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SEDIMENTOS

De acuerdo con los datos existentes sobre los sedimentos de superficie(1991-2001), se observaron altas concentraciones de zinc(zn) y de cobre(cu) en Atarés y en el Centro de la Bahía, que en ambos casos excedían los valores de la norma holandesa que requieren intervención.

La investigación en el terreno realizada como parte de este Estudio arrojó la existencia de niveles bajos de concentración de los principales metales pesados, excepto el zinc (zn), en Atarés, ligeramente superior al valor de intervención holandés, así como determinó que los hidrocarburos estaban uniformemente distribuidos y oscilaban entre 1,759 mg/kg-de peso seco en Atarés y 230 mg/kg en Guasabacoa, niveles similares a los datos existentes(entre 1,043 y 1,623 mg/kg).

## 1.4 CARGA DE CONTAMINACIÓN ACTUAL

El deterioro de la calidad del agua de la Bahía de La Habana se debe a la carga de contaminación tributada a través de los ríos, colectores de aguas residuales y drenes urbanos que descargan en la bahía o a través de las descargas directas provenientes de fuentes de contaminación situadas en el litoral de la bahía.

La carga de contaminación se calcula tanto en el punto de generación como en el punto de descarga en la bahía. Los estimados de la generación de la carga contaminante se realizan a partir de la carga contaminante de la unidad. La carga contaminante vertida en la bahía se calcula a partir de los datos del monitoreo en los extremos de los drenes y ríos que descargan en la bahía. La carga aportada por las industrias situadas en la periferia de la bahía y que vierten directamente se mide también a partir de los datos del monitoreo. La estimación de las cargas se realizó para cada una de las nueve cuencas en 1996 y en el 2000.

En la Tabla 1.7 se muestran los resultados preliminares de la relación entre la generación y la descarga de  $\text{DBO}_5$ . Se prevé colectar la carga generada en la cuenca Habana Vieja, en la cuenca del Dren Arroyo Matadero, y en la cuenca del Dren Agua Dulce por medio del Colector

Principal para verterla fuera de la bahía, en una zona próxima a la Playa del Chivo. Sin embargo, a causa de la existencia de interconexiones al drenaje pluvial y de interconexiones/rebosaderos entre el Colector Principal y los canales de drenaje pluvial, la carga contaminante generada en esas zonas se vierte en la bahía a través de los drenes pluviales. Asimismo, el Colector Paralelo Orengo sirve a zonas fuera de la cuenca de la Bahía de La Habana y está conectado al Colector Principal, desde el que una parte del agua residual se descarga en la bahía a través de los canales de drenaje pluvial. Se requerirán investigaciones adicionales para cuantificar la descarga de aguas residuales de los colectores a los drenes en estas zonas. Además, la generación estimada de carga contaminante es inferior a la carga vertida por el Arroyo Tadeo, que también requiere más estudio.

**Tabla 1.7 Relación entre la generación y la descarga (Preliminar)**

Cuenca	Generación estimada de DBO <sub>5</sub> kg/d		Descarga prevista en la bahía	Descarga real de DBO <sub>5</sub> , kg/d		Observaciones
	1996	2000		1996/97	2002	
Habana Vieja	4,455	4,070	0	830	1,320	Se prevé recoger el agua residual por medio del Colector Principal.
Dren Arroyo Matadero	5,126	4,808	0	20,015	8,942	
Dren Agua Dulce	5,943	5,567	0	5,630	6,770	
Río Luyanó	36,594	12,688		29,803	9,784	
Río Martín Pérez	3,185	3,737		629	1,518	
Río Tadeo	2,281	899		3,256	1,807	Requiere investigación
Área de la refinería	23,701	22,634		22,823	21,723	
Casablanca	542	592		23	23	
Cabaña	26	27		0	0	
Total	81,853	55,021		83,009	51,888	

## 1.5 INTERCONEXIONES

### 1.5.1 GENERALIDADES

Una cantidad considerable de agua residual se descarga a través de los canales de drenaje pluvial como el Agua Dulce y el Arroyo Matadero. De acuerdo con los informes, la causa principal de tal situación es la existencia de interconexiones en el área de servicio del alcantarillado. A las interconexiones se les llama “conexiones ilegales” en el Área de Estudio. Se realizó un estudio de las interconexiones con el fin de identificar las situaciones actuales.

Se seleccionó el método del colorante teniendo en cuenta el flujo de agua residual en cada canal de drenaje estudiado, el diseño de la conexión a la vivienda, y otras condiciones locales.

### 1.5.2 ESTUDIO PRELIMINAR

Se escogieron diez lugares para el estudio de las interconexiones con el propósito de cubrir las principales áreas de drenaje de Agua Dulce, Arroyo Matadero, y San Nicolás.

En la tabla que aparece a continuación se muestran los resultados del estudio preliminar.

Tabla 1.8 Resultados de estudio para interconexiones

Área de drenaje	Cantidad de lugares escogidos	Cantidad de casas estudiadas	Cantidad de interconexiones identificadas
I) San Nicolás	1	31	0
II) Arroyo Matadero	2	31	0
	3	24	0
	4	8	0
	5	33	2
	6	13	0
III) Agua Dulce	7	5	0
	8	17	1
	9	20	0
	10	35	0
<b>Total</b>		<b>217</b>	<b>3</b>

Los resultados indican que apenas se identificaron interconexiones. Casi todas las casas están correctamente conectadas al alcantarillado sanitario.

### 1.5.3 ESTUDIO ADICIONAL

Se realizó un estudio adicional de cuatro de los lugares previamente identificados por el INRH con el fin de comprender detalladamente la situación de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero.

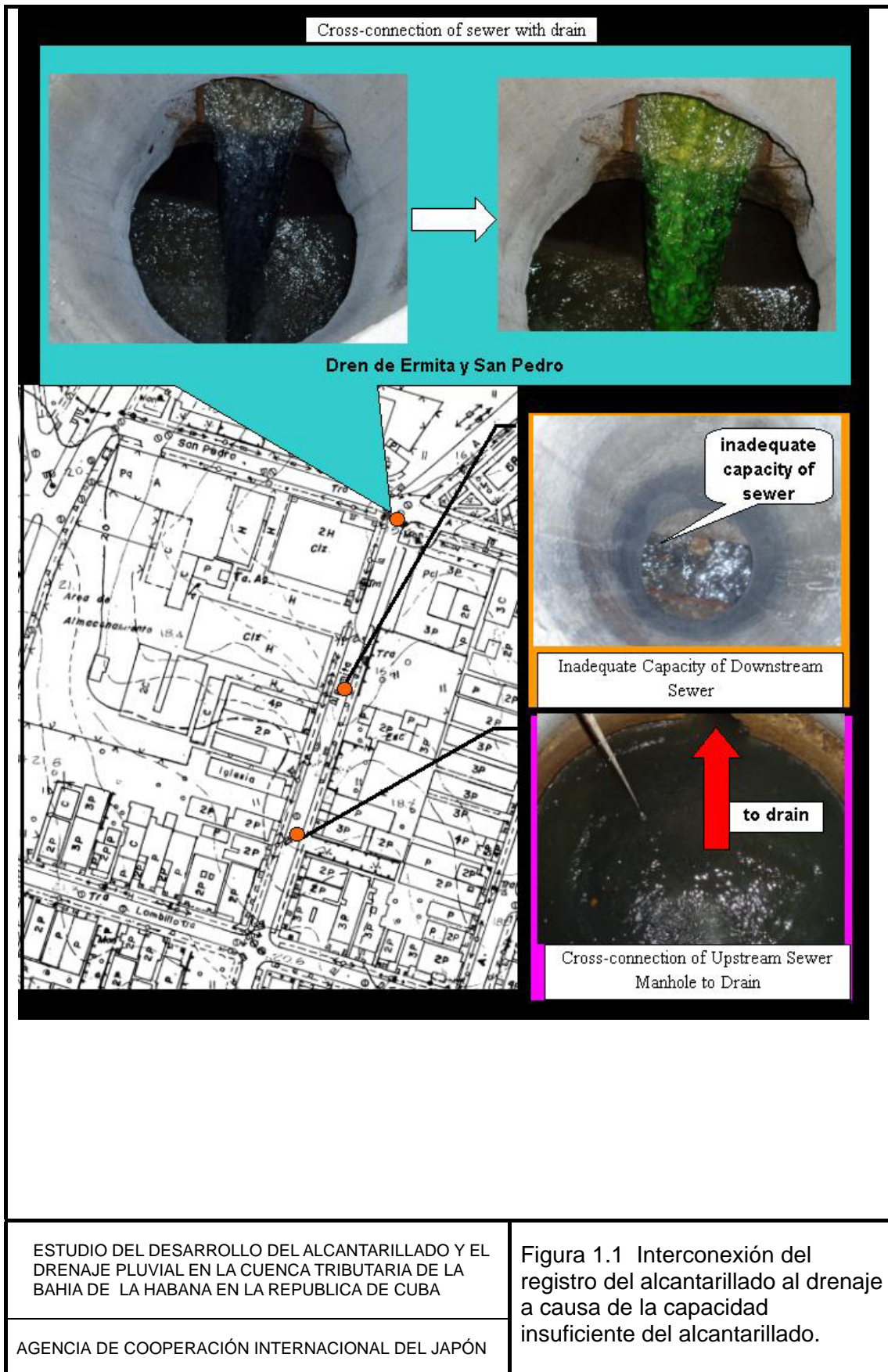
De los cuatro lugares estudiados resultó posible identificar el origen o la fuente de la interconexión en tres de ellos. Se requerirá la aplicación de las medidas siguientes para eliminar las interconexiones en estos tres lugares:

- Una interconexión es desde un edificio de apartamentos situado en Avenida Colón y Bellavista y sólo se descarga una parte del agua gris. Tal interconexión puede eliminarse fácilmente con la conexión al colector más cercano.
- Interconexión del registro del alcantarillado a un registro de drenaje cercano en Tulipán y Estancia. La causa de la interconexión podría ser la capacidad insuficiente del colector más cercano o un simple error. La eliminación de esta interconexión implicará un estudio de la capacidad y la elevación del colector.
- En la Figura 1.1 se muestra una interconexión a causa de la insuficiente capacidad del colector en Ermita y San Pedro. En este caso será necesario instalar nuevos colectores para elevar la capacidad de colección.

Asimismo se identificó la existencia de estructuras de desborde en el Colector en forma de sifón que atraviesa el canal de drenaje pluvial próximas empleadas para desviar el agua residual hacia el canal de drenaje cuando esta sobrepasa la capacidad del Colector.

Los resultados del estudio sugieren la necesidad de realizar un estudio minucioso a largo plazo para identificar la ubicación exacta y las causas de las interconexiones y preparar las medidas de solución apropiadas y rentables para cada caso en particular.





## PARTE II: PLAN MAESTRO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Esta parte describe una serie de estudios realizados con el fin de determinar los componentes del sistema de alcantarillado necesarios para mejorar el medio ambiente acuático de la Bahía de La Habana como parte del Plan Maestro, la evaluación de las viabilidades financieras y económicas, y la selección de los Proyectos Prioritarios para el Estudio de Factibilidad. En la Figura 2.1 se muestra el procedimiento para formular el Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado para la Bahía de La Habana.

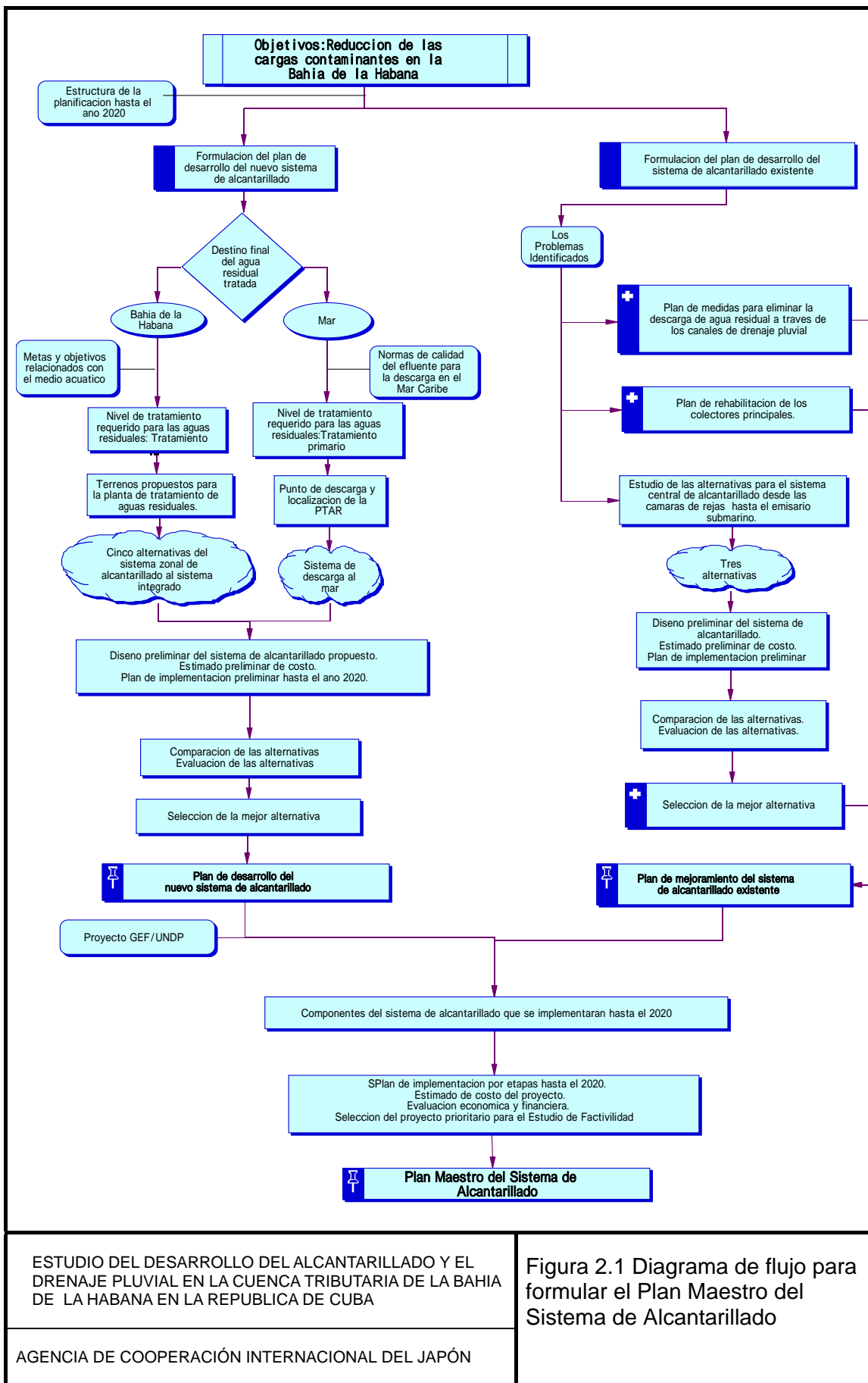
Primeramente se explicará la estrategia para el control de la contaminación del agua, esto es, cómo y en qué medida se mejorará el medio ambiente acuático de la bahía con la rehabilitación y el perfeccionamiento del sistema de alcantarillado existente y con el desarrollo de nuevos sistemas de alcantarillado. Se propondrán asimismo los objetivos relacionados con la calidad del agua tomando en consideración el uso presente y futuro del agua en la Bahía de La Habana a partir del borrador de las normas cubanas de calidad ambiental para los acuíferos y de una serie de estudios sobre la simulación de la calidad del agua. Mediante el estudio se identificará el nivel necesario de tratamiento de las aguas residuales para el caso de la descarga de agua residual tratada en la Bahía de La Habana.

Se resume brevemente la estructura de la planificación, es decir, el área de servicio, la población de servicio, la generación de aguas residuales, las cargas contaminantes y el caudal de entrada/infiltración. Tales elementos constituyen las bases para la formulación de los planes del sistema de alcantarillado.

Ha de observarse que el Plan Maestro propuesto en el Estudio se define como un plan de desarrollo y de mejoramiento del alcantarillado para aplicarse hasta el año meta 2020, que se seleccionará entre otros planes de alcantarillado preparados para la cuenca hidrográfica y tributaria de la Bahía de La Habana. Toda vez que la construcción y operación de los sistemas de alcantarillado implican una cuantiosa inversión de capitales y elevados costos corrientes, así como exigen ingenieros calificados y operadores experimentados, el desarrollo del sistema de alcantarillado generalmente se ejecuta por etapas durante varios años.

Se propondrán medidas apropiadas de mejoramiento y rehabilitación para el sistema de alcantarillado existente a partir de los problemas actuales identificados, así como la realización de una serie de estudios con el fin de resolver los problemas y elevar la confiabilidad del sistema para que pueda cumplir con sus funciones en el futuro. Se propondrá igualmente el plan de desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado con el objetivo de reducir efectiva y eficazmente las cargas contaminantes a través de una serie de estudios sobre las alternativas relacionadas con los destinos posibles de la descarga de agua residual tratada, a saber, la Bahía de La Habana y el Mar Caribe.

El Plan Maestro incluye un programa de ejecución, una propuesta con respecto al fortalecimiento institucional, la estimación de costos, los efectos del proyecto en el mejoramiento de la calidad del agua, las evaluaciones de las viabilidades financieras y económicas, así como los componentes del sistema de alcantarillado que se construirán hasta el año 2020. Finalmente se seleccionarán los proyectos prioritarios para el Estudio de Factibilidad.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 2.1 Diagrama de flujo para formular el Plan Maestro del Sistema de Alcantarillado

## 2.2 ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA BAHÍA DE LA HABANA

### 2.2.1 OBJETIVOS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO

#### (1) Uso del agua

Al considerar los usos futuros, hay que tener en cuenta que los actuales usos todavía tienen vigencia. Tales usos son los siguientes:

**Atracción turística:** Con sus lugares declarados Patrimonio de la Humanidad y sus importantes monumentos históricos ubicados en la entrada de la Bahía de La Habana, constituye una parte esencial de las muchas atracciones turísticas de la Ciudad de La Habana.

**Recreación:** El paseo a lo largo del canal de entrada de la Bahía de La Habana y su continuación por Malecón posee un valor imprescindible para los habitantes de La Habana (habaneros) por su uso como área de esparcimiento y para la pesca deportiva.

**Puerto industrial y comercial:** Es uno de los principales puertos industriales y comerciales de Cuba. Sirve asimismo como fuente de agua de enfriamiento y como receptor de los efluentes. Existen además muchos talleres en el litoral de la bahía para la reparación de buques, etc.

**Transportation:** Sirve igualmente como punto de transportación entre la parte oriental y la parte occidental de la ciudad.

#### (2) Objetivos de la calidad del agua

En la actualidad está en preparación una norma para la calidad del agua de las bahías y de las zonas costeras, a saber “*Vertimiento De Aguas Residuales a Las Costas y Aguas Marinas - Especificaciones*”, que clasifica los usos en las siguientes seis categorías:

- Clase A - Áreas de arrecifes coralinos para la conservación ecológica o áreas protegidas
- Clase B - Áreas marinas reservadas para el baño y otras actividades recreativas donde las personas están en contacto con el agua
- Clase C - Áreas marinas para el desarrollo de la pesca
- Clase D - Áreas marinas donde el agua de mar se emplea como agua de enfriamiento para la generación de electricidad
- Clase E - Áreas de bahía desarrolladas para la actividad portuaria
- Clase F - Áreas marinas sin un uso específico

En la Tabla 2.1 se muestran las normas de calidad ambiental para los acuíferos idóneos para sus funciones en términos de oxígeno disuelto y concentración total de coliformes. El uso del puerto de la Bahía de La Habana pertenece a la Clase E.

**Tabla 2.1 Normas de calidad (en preparación) para el agua de la bahía y zonas costeras**

Parámetros	Unidad	Tipo de acuífero				
		Clase A	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0
Total de coliformes	MPN/100 mL	100	250	250	1000	5000

Nota: No se dispone de las normas para la Clase B.

En la Figura 2.2 se muestran los niveles de OD en comparación con la clasificación de los acuíferos en las normas propuestas. Las condiciones existentes tal y como se midieron en este Estudio en el 2002 en las ensenadas de la bahía, a saber, Atarés, Guasabacoa y Marimelena, no cumplen con los parámetros para un acuífero Clase E. Los niveles de OD en la Ensenada de Atarés están por debajo de los niveles para la Clase F, mientras que los de Guasabacoa son Clase F. En Marimelena, por su parte, oscilaron entre los de la Clase D y la Clase F. En el centro de la bahía estuvieron entre Clase C y F y los del Canal de Entrada entre Clase C y E.

Objetivos en cuanto a la calidad del agua necesarios para mantener los usos existentes:

- Objetivo 1: Alcanzar las normas para acuíferos Clase E en términos de niveles de oxígeno disuelto (3 mg/L)
- Objetivo 2: Alcanzar las normas de calidad para la descarga del efluente en acuíferos Clase E en términos de aceite/grasa (inferior a 5 mg/L).

En la Tabla 2.2 se muestran los objetivos y los sectores donde se necesitan tomar medidas. Para logra elevar los niveles de oxígeno disuelto, se requerirá reducir la carga de contaminación orgánica. Se necesitan tomar medidas para controlar las aguas residuales del alcantarillado, el drenaje y las industrias. Las industrias y los talleres situados en el litoral de la bahía han de adoptar medidas con el fin de reducir la descarga de aceite/grasa en la bahía.

**Tabla 2.2 Objetivos y responsabilidades de cada sector**

Objetivo	Sector clave en el que se necesitan tomar medidas		
	Alcantarillado	Drenaje	Industria
Elevar el nivel de oxígeno disuelto	○	○	○
Reducir el aceite y la grasa flotantes, etc.			○

Con el tratamiento de las aguas residuales proporcionado por los proyectos de alcantarillado se eliminan principalmente materia orgánica y nutrientes en alguna medida. La eliminación de aceite/grasa no será posible y entorpecerá el funcionamiento del tratamiento de las aguas residuales.

## 2.2.2 NIVEL DE TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LAS AGUAS RESIDUALES

### (1) Generalidades

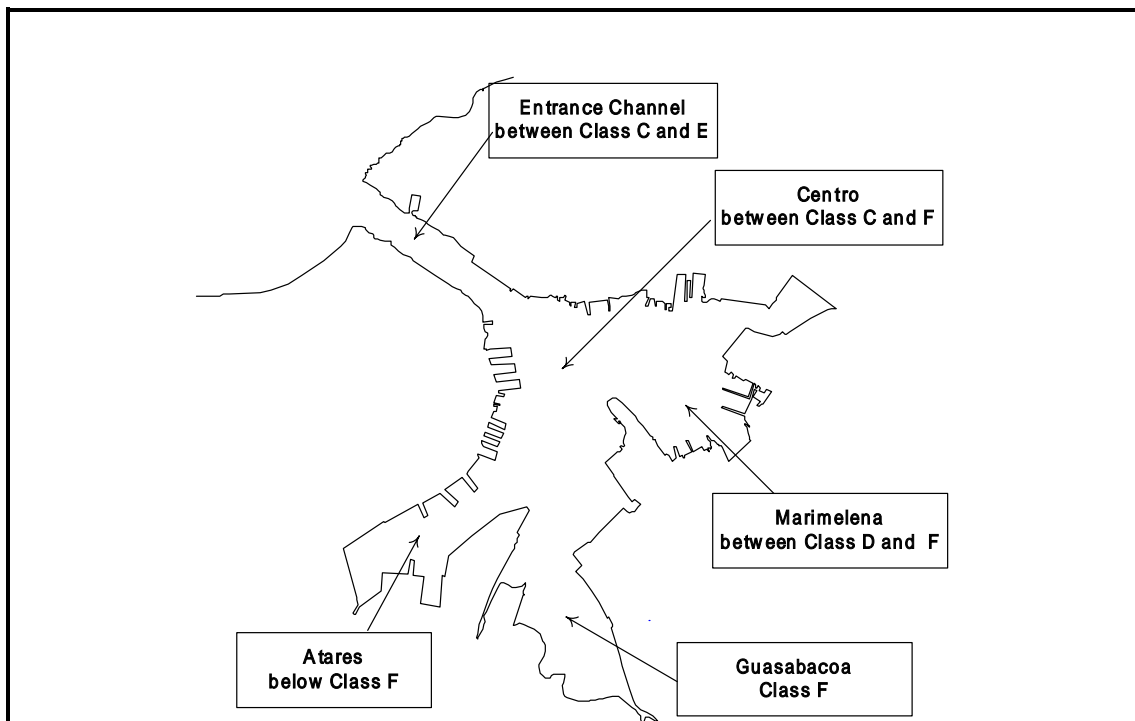
Los objetivos en cuanto a la calidad del agua de los acuíferos dependen del uso previsto para el acuífero, a saber, para la navegación, como fuente de agua de enfriamiento para las industrias, para la pesca, etc. Con el fin de alcanzar y mantener los objetivos en cuanto a la calidad del agua, se establecen normas de calidad del agua para los acuíferos o normas de calidad para la descarga en los acuíferos. En algunos casos se establecen ambas.

En el caso del nuevo sistema de alcantarillado para la cuenca de la Bahía de La Habana, el efluente de las aguas residuales puede descargarse lo mismo en la bahía a través de los ríos que directamente en el mar a través del emisario submarino.

Para la descarga en la cuenca de la bahía, los acuíferos receptores son los ríos y la bahía. Para los ríos, las normas de la descarga son la NC-27 (1999) “Normas para la descarga en aguas interiores de superficie”. Los ríos Luyanó y Martín Pérez están en la categoría de ríos Tipo B para uso en la agricultura. Uno de los objetivos en cuanto a la calidad del agua se establece a un mínimo de 3 mg/L de OD correspondiente a un acuífero Clase E. Al realizar la simulación de la calidad del agua para distintas situaciones, se determina el nivel de tratamiento requerido para alcanzar el objetivo en cuanto a la calidad del agua. El nivel de tratamiento aplicado satisfará las normas para la descarga en los ríos, así como el objetivo en cuanto a la calidad del agua de la

bahía.

Para la descarga en el mar, se requerirá cumplir con las normas de calidad para efluentes estipuladas en el Protocolo sobre fuentes terrestres de contaminación emanado de la Convención de Cartagena con el fin de proteger el medio ambiente en el Gran Caribe.



Nota: La comparación es con los niveles de OD medidos en este Estudio.

**Normas de calidad para el agua costera y el agua de la bahía**

Parámetros	Unidad	Tipo de acuífero				
		Clase A	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0
Total de coliformes	MPN/100 mL	100	250	250	1000	5000

Nota: No se dispone de las normas para la clase B.

- Clase A - Áreas de arrecifes coralinos para la conservación ecológica, o zonas protegidas
- Clase B - Áreas marinas reservadas para el baño y la actividad recreativa donde las personas están en contacto directo con el agua
- Clase C - Áreas marinas para el desarrollo de la pesca
- Clase D - Áreas marinas donde el agua de mar se emplea como agua de enfriamiento en la generación de electricidad
- Clase E - Áreas de bahía desarrolladas para la actividad portuaria
- Clase F - Áreas marinas sin un uso específico

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA	Figura 2.2 Comparación de los niveles de OD en la Bahía de la Habana (año 2020) con las normas.
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN	

## (2) Situación del control de la contaminación

Con el fin de determinar el nivel de tratamiento de las aguas residuales se realizó una simulación de la calidad del agua para distintas situaciones de reducción de la contaminación. Las situaciones incluyen el tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento avanzado de la carga contaminante generada dentro del área cubierta por el sistema de alcantarillado y otras medidas tales como la reducción de la contaminación provocada por el efluente de la refinería, la reducción de la carga de sedimentos internos, etc.

De las distintas situaciones estudiadas, las siguientes resultan pertinentes para la descarga en la bahía:

- Caso 2 - Futuro (2020) con la implementación solamente de los Proyectos del GEF/PNUD (Zona 4 y Zona 6)
- Caso 4 - Tratamiento secundario en el nuevo sistema de alcantarillado y eliminación de las interconexiones en el sistema de alcantarillado existente
- Caso 5 - Tratamiento primario en el nuevo sistema de alcantarillado y eliminación de las interconexiones en el sistema de alcantarillado existente
- Caso 6 - Tratamiento avanzado en el nuevo sistema de alcantarillado y eliminación de las interconexiones en el sistema de alcantarillado existente

El Caso 2 representa las condiciones futuras en el año 2020 cuando concluyan los proyectos en ejecución del GEF/PNUD para la Zona 4 y la Zona 6 y sin la implementación de ningún otro proyecto. En este caso, la reducción de la carga contaminante será para el Dren Agua Dulce, cuyas aguas se desviarán y tratarán junto con las aguas residuales de origen industrial cerca de la desembocadura del río Luyanó, y para parte de las zonas en el Luyanó-Abajo (Zona 6).

En el Caso 4 se considera la aplicación del nivel de tratamiento secundario en todos los distritos de alcantarillado en los ríos Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo, y la eliminación de la carga contaminante vertida a través de los canales de drenaje pluvial generada en el sistema de alcantarillado existente con la solución del problema de las interconexiones. El Caso 4 representa lo que podría lograrse con el nuevo sistema de alcantarillado propuesto en términos de la reducción de la carga contaminante de origen orgánico.

En el Caso 5 se considera el nivel de tratamiento de las aguas residuales en el nuevo sistema de alcantarillado si se aplica el tratamiento primario en el nuevo sistema de alcantarillado en lugar del tratamiento secundario como en el Caso 4. Por consiguiente, la reducción de la carga contaminante orgánica será inferior a la que puede lograrse con el Caso 4.

En el Caso 6 se considera el efecto de la remoción ampliada de nutrientes con la aplicación del tratamiento avanzado a las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado.

## (3) Resultados de la proyección de la calidad del agua

### 1) OD

Puede observarse una mejoría significativa en el nivel de OD entre el Caso 2 y el Caso 4, como se muestra en la Figura 2.3. El nivel de OD alcanza los 3 mg/L en la Ensenada de Atarés, que es la parte más contaminada de la bahía en términos de contaminación orgánica. Con el Caso 3,

esto es, con la aplicación del tratamiento primario, los niveles de OD en Atarés quedan por debajo de 3 mg/L. Por tanto, resulta insuficiente para cumplir los objetivos en cuanto a la calidad del agua. La elevación de los niveles de OD en Atarés en el Caso 4 se debe al mejoramiento de los niveles de OD en Guasabacoa con la aplicación del tratamiento secundario toda vez que no ocurrirán cambios en la descarga de contaminación en Atarés, zona que recibe aguas residuales a través de los drenes.

## 2) **DBOd**

La diferencia en la concentración de BODd (materia orgánica biodegradable disuelta) en Guasabacoa entre el Caso 4 (tratamiento secundario) y el Caso 5 (tratamiento primario) se debe al nivel de tratamiento, mientras que no se observa una diferencia significativa entre el Caso 4 (tratamiento secundario) y el Caso 6 (tratamiento avanzado).

## 3) **NH<sub>4</sub>-N and PO<sub>4</sub>-P**

En el caso de los nutrientes, puede observarse una mejoría significativa en Guasabacoa en el Caso 6 (tratamiento avanzado) debido a la remoción de nutrientes.

## 4) **Chl-a**

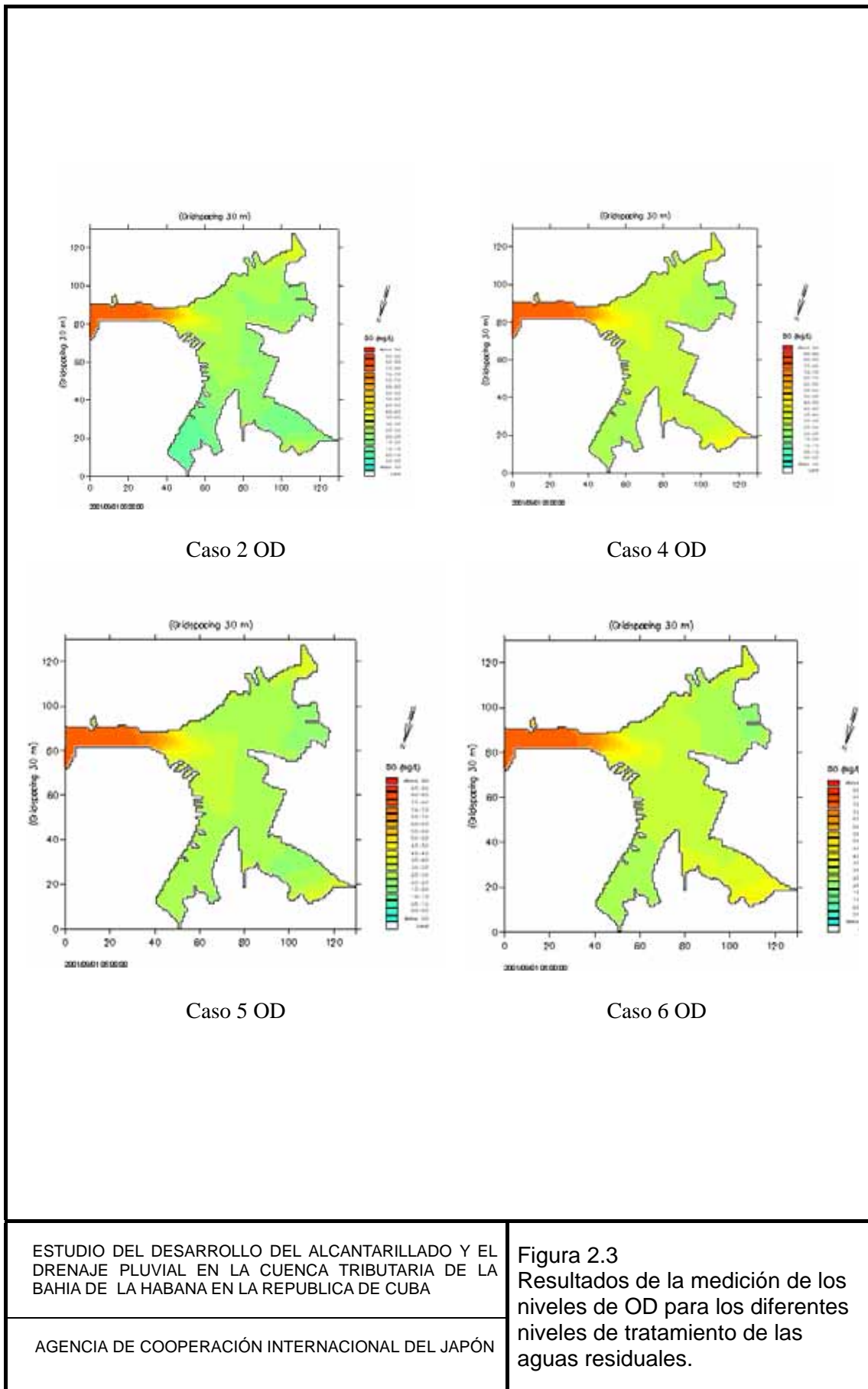
La concentración simulada de Chl-a en el Caso 4 (tratamiento secundario) es de aproximadamente 6 µg/L, similar a los niveles existentes fuera de la bahía. Con el Caso 6 (tratamiento avanzado) se reducirá la concentración total de Chl-a en todas las zonas de la bahía.

## (4) **Nivel de tratamiento de las aguas residuales**

A partir de la comparación de los resultados de la simulación, y del objetivo en cuanto a la calidad del agua de la bahía, a saber, un nivel de OD de al menos 3 mg/L, puede decirse lo siguiente:

- Para lograr un nivel mínimo de OD de 3 mg/L en Atarés, zona de la bahía donde tal nivel es inferior, se requiere aplicar el tratamiento secundario a todas las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado.
- Con el tratamiento secundario para las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado, los resultados de la simulación no muestran una tendencia a la eutroficación. Con las limitaciones en la disponibilidad de datos y su dispersión extrema, especialmente los datos sobre la carga de nitrógeno total y de fósforo total vertida en la Bahía, y de Chl-a que es el índice de la eutroficación, la necesidad de aplicar un tratamiento avanzado no se podría justificar en esta etapa.
- Se concluye por tanto que para el desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado se aplicará un tratamiento secundario con el fin de reducir la carga de contaminación orgánica que afecta seriamente las ensenadas de Atarés y de Guasabacoa.





ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 2.3 Resultados de la medición de los niveles de OD para los diferentes niveles de tratamiento de las aguas residuales.

## 2.3 ESTRUCTURA DE LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

### 2.3.1 ÁREA DE PLANIFICACIÓN

En la Tabla 2.3 se aprecia que el área de planificación del alcantarillado cubre un total de 6,500 hectáreas, 5,700 dentro de la cuenca de la bahía y 800 fuera de la cuenca. El área de 100 hectáreas cubierta por otros proyectos de alcantarillado, así como el área cubierta con saneamiento in situ o las fábricas, se excluyen en este Estudio. Se seleccionó el área de planificación del alcantarillado para abarcar todas las áreas viables de colección de aguas residuales coherentes con la topografía, las concentraciones y distribuciones futuras de la población, y las urbanizaciones futuras.

**Tabla 2.3 Área de planificación del alcantarillado (Año: 2020)**

Aspecto	Área	Observaciones
<b>1. Área de planificación del alcantarillado en este Estudio</b>	<b>6,432.2 ha</b>	
Dentro de la cuenca de la Bahía de la Habana	5,665.3 ha	
Fuera de la cuenca	766.9 ha	
Total	6,432.2 ha	
<b>2. Área de planificación del alcantarillado de otros proyectos</b>	<b>97.1 ha</b>	
<b>5. Tratamiento in situ</b>	<b>1,086.6 ha</b>	
Saneamiento	851.0 ha	
Industria	235.6 ha	
Total	1,086.6 ha	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### 2.3.2 POBLACIÓN

La población total dentro de la cuenca se estimó en 800,000 en el 2020 al mismo nivel que en el 1996. La población de cada municipio, por su parte, se estimó a partir de los datos del censo y de otros datos e informaciones detalladas de 1996. La proporción entre la población dentro de la cuenca y la población total se usa para calcular la población futura de cada municipio dentro de la cuenca en el 2020. En la Tabla 2.4 se resume la distribución de la población de la cuenca. Tales cifras se emplearán en las bases para la planificación del alcantarillado.

**Tabla 2.4 Proyección de la población dentro de la cuenca de la Bahía de la Habana**

Municipios dentro de la cuenca	* 1996	2001	2005	2010	2015	2020
Plaza de la revolucion	9,395	9,400	9,400	9,400	9,500	<b>9,500</b>
Centro habana	86,106	78,700	77,800	76,800	75,700	<b>74,600</b>
Habana vieja	105,178	95,000	94,400	93,600	92,800	<b>92,000</b>
Regla	41,798	42,200	43,100	44,300	45,500	<b>46,700</b>
La habana del este	15,025	15,500	16,500	17,700	19,000	<b>20,200</b>
Guanabacoa	24,354	24,400	25,400	26,700	27,900	<b>29,200</b>
San miguel del padron	145,880	144,800	149,700	155,900	162,000	<b>168,200</b>
Diez de octubre	239,768	228,700	228,000	227,100	226,200	<b>225,300</b>
Cerro	97,507	95,200	96,000	96,900	97,900	<b>98,800</b>
Arroyo naranjo	31,087	31,700	32,500	33,500	34,500	<b>35,500</b>
<b>Total</b>	<b>796,098</b>	<b>765,600</b>	<b>772,800</b>	<b>781,900</b>	<b>791,000</b>	<b>800,000</b>

\*:Estudio de Diagnostico sobre Asentamiento Humano en la Cuenca Bahía dela Habana

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

En la Tabla 2.5 se resume la población de servicio del alcantarillado, población meta que se servirá con el sistema público de alcantarillado.

**Tabla 2.5 Población de servicio del alcantarillado (Año: 2020)**

Aspecto	Población	Observaciones
1. Población en Ciudad Habana	2,110,256	
2. Población dentro del Área de Estudio (Cuenca de la Bahía de la Habana)	800,000	
<b>3. Población de servicio del alcantarillado en este Estudio</b>	<b>884,700</b>	
<b>Dentro de la cuenca de la Bahía de la Habana</b>	<b>725,600</b>	
<b>Fuera de la cuenca</b>	<b>159,100</b>	
Total	884,700	
4. Población en otros proyectos de alcantarillado	19,900	
5. Población servida con tratamiento in situ	54,500	
Saniamiento	54,500	
Industria	0	
Total	54,500	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### 2.3.3 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

#### (1) Fundamentos

El agua residual se divide en las cuatro categorías siguientes a partir de las condiciones del suministro de agua. Cada categoría se calcula como se muestra en la Tabla a continuación.

**Tabla 2.6 Generación de aguas residuales**

<b>Aguas residuales</b>	<b>Ecuación</b>
1. Agua residual de origen doméstico	Tasa de consumo de agua per cápita x tasa de generación de agua residual x población
2. Agua residual industrial, comercial e institucional proveniente de una fuente de contaminación pequeña	Tasa de consumo de agua per cápita x tasa de generación de agua residual x población
3. Agua residual comercial e institucioneal proveniente de una fuente grande de contaminación	Datos sobre el consumo de agua x tasa de generación de agua residual
4. Agua residual proveniente de una fuente grande de contaminación	Datos sobre el consumo de agua x la tasa de generación de agua residual

La generación futura de agua residual en el 2020 se estima a partir de la Norma Cubana para el suministro de agua y de los datos reales sobre el suministro de agua para grandes consumidores, así como del crecimiento económico futuro hasta el año 2020.

### (2) Generación futura de agua residual per cápita

En la Tabla 2.7 se resumen las tasas de generación futura de agua residual per cápita. Tales tasas se dividen en categorías por razones de planificación y se basan en la Norma cubana para la demanda de agua asumiéndose una tasa de generación de agua residual de 0.9.

**Tabla 2.7 Generación futura de agua residual per cápita**

<b>Aspecto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Doméstica</b>	<b>Comercial</b>	<b>Pública</b>	<b>Pequeñas industrias</b>
Consumo de agua per cápita (Norma Cubana)	lpcd	220	132	66	23
<i>Agua usada no descargada en el alcantarillado</i>	<i>lpcd</i>	-	-	20	-
Pérdida contemplada en la norma	%	15			
Consumo neto per cápita de agua residual	lpcd	187	112	39	20
			171		
Tasa de generación de agua residual	%	90			
<b>Tasa neta de generación de agua residual</b>	lpcd	168.3 => <b>168</b>	153.9 => <b>154</b>		

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### (3) Generación de aguas residuales

En la Tabla 2.8 se resume la generación de aguas residuales.

Tabla 2.8 Resumen de la generación de agua residual

Aspecto	Población		Generación de agua residual (m <sup>3</sup> /d)	
	2001	2020	2001	2020
<b>1. Dentro del Área de Estudio (Cuenca de la Bahía de la Habana)</b>	<b>765,800</b>	<b>800,000</b>	<b>240,300</b>	<b>256,900</b>
<b>2. Total en el Estudio</b>	<b>862,600</b>	<b>884,700</b>	<b>268,600</b>	<b>315,900</b>
2.1 Generación de agua residual doméstica	-	-	145,000	148,600
2.2 Generación de agua residual doméstica por pequeños usuarios	-	-	94,900	136,300
2.3 Generación de agua residual no doméstica por grandes usuarios	-	-	28,800	31,000
<b>3. Total del alcantarillado dentro de la cuenca de la Bahía de la Habana</b>	<b>703,500</b>	<b>725,600</b>	<b>216,500</b>	<b>256,800</b>
3.1 Generación de agua residual	-	-	118,200	121,900
3.2 Generación de agua residual no doméstica por pequeños usuarios	-	-	77,400	111,700
3.3 Generación de agua residual no doméstica por grandes consumidores	-	-	20,900	23,200
<b>4. Total del alcantarillado fuera de la cuenca</b>	<b>159,100</b>	<b>159,100</b>	<b>52,100</b>	<b>59,100</b>
4.1 Generación de agua residual doméstica	-	-	26,700	26,700
4.2 Generación de agua residual no doméstica por pequeños usuarios	-	-	17,500	24,500
4.3 Generación de agua residual no doméstica por grandes usuarios	-	-	7,900	7,900
<b>5. Otros proyectos de alcantarillado</b>	<b>14,900</b>	<b>19,900</b>	<b>4,200</b>	<b>6,400</b>
<b>6. Tratamiento in situ</b>	<b>47,400</b>	<b>54,500</b>	<b>13,200</b>	<b>24,000</b>
Saneamiento	47,400	54,500	13,200	17,600
Industria	0	0	6,400	6,400

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### 2.3.4 CARGA DE CONTAMINACIÓN

#### (1) Agua residual de origen doméstico

Por razones de planificación del alcantarillado, se emplean las siguientes cargas contaminantes per cápita para estimar los contaminantes de origen doméstico. La carga de la unidad de DBO se establece a partir de los datos de Cuba, como se analizó en el Capítulo 4, mientras que las cargas de SS, N-T y F-T se basan en las concentraciones de agua residual doméstica que aparecen en la literatura.

**Tabla 2.9 Carga contaminante per cápita**

Carga contaminante per cápita	- 40 g DBO <sub>5</sub> /per cápita/d
	- 40 g SS* /per cápita/d
	- 7.4 g N-T/per cápita/d
	- 1.9 g F-T/per cápita/d

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**(2) Agua residual de origen no doméstico generada por pequeños consumidores**

Se estima la carga contaminante per cápita de agua residual no doméstica descargada por pequeños consumidores asumiendo lo siguiente:

- La calidad del agua es similar al componente de agua gris del agua residual doméstica.
- La proporción entre la carga contaminante generada por el uso del baño (excretas) y el agua gris (residual) se asume a partir de la literatura de la manera siguiente:

**Tabla 2.10 Carga contaminante per cápita en el agua residual del baño y en el agua gris**

Carga (g/per cápita/d)	DBO <sub>5</sub>	SS	N-T	F-T
- Baño	18	18	5.2	1.3
- Agua gris	22	22	2.2	0.6

Nota: Para el N-T y el F-T, su proporción en el agua del baño y en el agua gris es de 70% : 30% respectivamente.

**(4) Agua residual de origen no doméstico por grandes consumidores**

El agua residual no doméstica descargada por grandes consumidores (comerciales, institucionales e industriales) se estima en las condiciones siguientes:

- Para las industrias procesadoras de alimentos, la calidad futura del efluente para la descarga en el alcantarillado público se estima a la concentración máxima aceptable para la descarga en el alcantarillado público (300 mg/L DBO<sub>5</sub>, 300 mg/L SS, 50 mg/L N-T y 10 mg/L F-T).
- La calidad promedio del efluente de la industria eléctrica/de maquinaria se estima a 100 mg/L DBO<sub>5</sub>, 100 mg/L SS, 15 mg/L N-T y 5 mg/L F-T.
- La proporción del volumen aproximado entre la industria procesadora de alimentos y la industria eléctrica/de maquinaria es de 70 % a 30%.

**2.3.5 CAUDAL DE ENTRADA/INFILTRACIÓN**

Se agregará una tasa fija de caudal/infiltración de 20 a 40 lpcd a todas las condiciones de flujo de las aguas residuales. La tasa fija se considera un supuesto razonable, tomando en consideración las condiciones geográficas y las prácticas de instalación del alcantarillado. El informe sobre el diseño y la planificación del sistema actual de alcantarillado "Análisis Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Principal de Ciudad de La Habana, 1996" estimó que la tasa de caudal/infiltración es de 5m<sup>3</sup>/ha/día para el Colector Norte y el Colector Sur, y 3m<sup>3</sup>/ha/día para otros colectores. La tasa de caudal/infiltración se estima también per cápita: 19.4 lpcd..

## **2.4 ESTUDIOS SOBRE EL MEJORAMIENTO Y EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

### **2.4.1 GENERALIDADES**

Se han empleado distintos enfoques para formular el plan de mejoramiento del sistema de alcantarillado existente y el plan de desarrollo de un nuevo sistema de alcantarillado.

Para el plan de mejoramiento del sistema de alcantarillado existente se analizan los problemas actuales primeramente para identificar las razones y preparar las soluciones apropiadas. Se han realizado estudios de ingeniería con el fin de preparar el Plan de Mejoramiento del Sistema Central de Alcantarillado, que se compone de los planes siguientes:

Plan de medidas para eliminar la descarga de aguas residuales en la Bahía de La Habana a través de los canales de drenaje pluvial.

Plan de mejoramiento y rehabilitación de Colectores importantes.

Estudio alternativo del sistema central de alcantarillado después de las cámaras de rejillas y hasta el emisario submarino Alternativo con el fin de seleccionar la mejor variante.

Para el plan de desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado, se ha realizado un estudio alternativo con el fin de seleccionar la mejor variante para el nuevo sistema de alcantarillado más eficaz y eficiente en términos de costos y de reducción de las cargas contaminantes. A partir del destino final para la descarga del agua residual tratada, se han preparado cinco alternativas para la descarga en la Bahía de La Habana, que comprende desde un sistema de cinco zonas hasta un sistema de alcantarillado integrado, y una alternativa que contempla la descarga en el mar.

Different approaches have been used to formulate the improvement plan of the existing sewerage system and the development plan of a new sewerage system.

### **2.4.2 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE**

En la Tabla a continuación se resume el plan de mejoramiento propuesto para las instalaciones de alcantarillado existentes.

**Tabla 2.11 Plan de mejoramiento propuesto del sistema central de alcantarillado existente**

Aspecto	Plan propuesto	Observaciones
1. Flujos de diseño		
Flujo promedio diario	230,600 m <sup>3</sup> /día	
Flujo máximo diario	272,000 m <sup>3</sup> /día	
Flujo máximo por hora	329,500 m <sup>3</sup> /día	
3. Calidad proyectada del afluente	DBO: 190 mg/L, SS: 190 mg/L	A menos que se produzca entrada de agua y de agua de lluvia.
4. Normas de calidad para el efluente	DBO: 150 mg/L, TSS: 150 mg/L	Gran Caribe
5. Plan de mejoramiento		
5.1 Estudios detallados de las interconexiones para preparar medidas de solución apropiadas.	Realizar estudios detallados para identificar las interconexiones y preparar medidas de solución con el objetivo de eliminar la descarga directa de aguas residuales a través del Dren Matadero y del Dren Agua Dulce en la Ensenada de Atarés.	
5.2 Incremento de la capacidad de los Colectores	La capacidad inadecuada de los Colectores existentes de Centro Habana, Cerro, Sur 1, Sur 2 y Sur 3 se incrementará con la instalación de nuevos Colectores.	
5.3 Rehabilitación del Colector Sur y construcción del sistema de colección propuesto.	Rehabilitación del Colector Sur (Diámetro de 1500 a 2100mm, CP, Longitud: 2.78km) y construcción del sistema de colección propuesto: colector a presión de 1,350 mm de diámetro y 1,020m de longitud, Colector Sur Nuevo de 1500mm de diámetro, CP, y 1,830m de largo, y tubería de interconexión de 1,030/1200mm, HDPE, a 1500mm de diámetro, CP, y 500m de longitud. Construcción de la estación de bombeo de Matadero propuesta, Q=20 m <sup>3</sup> /min, altura de bombeo=12 m, 3 unidades incluyendo una de reserva. Durante la rehabilitación del Colector Sur se instalarán dos unidades adicionales, Q=40 m <sup>3</sup> /min, Altura de bombeo=12 m.	CP: tubería centrífuga de hormigón reforzado. HDPE: tubería de polietileno de alta densidad. Se muestran los diámetros interiores y exteriores.
5.4 Rehabilitación de las cámaras de rejillas y estudio detallado de la estructura del sifón.	Rehabilitar las cámaras de rejillas (2 unidades) de Caballería, y realizar estudios detallados sobre las condiciones físicas de las estructuras del sifón para preparar planes de rehabilitación.	
5.5 Rehabilitación de la estación de bombeo de Casablanca	Sustituir las bombas (Q=1.75 m <sup>3</sup> /s, Altura de bombeo=8 m), 4 unidades incluyendo una de reserva.	
5.6 Rehabilitación del túnel de conducción y construcción de la estación de bombeo para descargar el agua residual en el mar con la instalación del nuevo emisario submarino.	Descargar el agua residual a través del nuevo emisario submarino con reparaciones menores del túnel de conducción. Se construirá una estación de bombeo, Q=1.75 m <sup>3</sup> /s, Altura de bombeo=5 m, 4 unidades incluyendo una de reserva, después del túnel de conducción para mitigar la carga pérdida. El agua residual puede transmitirse por gravedad en el túnel. Por tanto, se pueden realizar trabajos de reparación menores tales como el revestimiento interno del túnel.	
5.7 Instalaciones para el tratamiento primario de aguas residuales y para el tratamiento de lodos.	Para cumplir con las normas de calidad del efluente descargado en el Gran Caribe, pudiera resultar necesario en el futuro construir instalaciones para el tratamiento primario del agua residual y el tratamiento de lodos. Está en preparación un plan general para el diseño de tales instalaciones de tratamiento.	La necesidad de la construcción se decidirá a partir de la calidad del afluente antes de la ejecución del plan.
5.8 Instalación del emisario submarino.	Instalar un emisario submarino de 300m de longitud con dos tuberías difusoras de 140m de largo.	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA



### **2.4.3 PLAN DE DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO HASTA EL AÑO 2020**

#### **(1) Resultados del Estudio de las Alternativas**

Luego de estudiar las seis alternativas se seleccionó la Alternativa del sistema de alcantarillado de cuatro zonas como el nuevo plan de alcantarillado para la cuenca de la Bahía de La Habana. La comparación del plan de implementación hasta el año 2020 preparado para cada alternativa demostró que con la selección del distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo se reducirían las cargas contaminantes vertidas en la Bahía de La Habana de una manera más efectiva y eficaz toda vez que las zonas de cobertura posibles para el 2020 son zonas densamente pobladas donde existen muchas industrias.

#### **(2) Cuestiones**

Para adoptar el nuevo plan de alcantarillado seleccionado para el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo como el nuevo plan de desarrollo del alcantarillado hasta el año 2020, se identificaron las cuestiones siguientes para estudiarlas con más profundidad:

- Estudio de la posibilidad de aplicar la propuesta cubana relativa al desvío del agua residual proveniente de parte del distrito de alcantarillado Luyanó hacia el sistema central de alcantarillado para su disposición final en el mar a través de la estación de bombeo de Casablanca.
- El lugar ideal para la PTAR del distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo en el estudio de las alternativas resulta muy difícil de obtener ya que se prevé su uso como patio de contenedores. El GTE y el INRH propusieron que el sitio para la construcción de la PTAR del proyecto del GEF/PNUD podría expandirse para construirse también la PTAR Luyanó propuesta para el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo. Se requiere una coordinación estrecha entre el Equipo de Estudio de JICA y las entidades cubanas para el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y de lodos del Proyecto del GEF/PNUD.

Acerca de la primera cuestión, la posibilidad de aplicar la propuesta cubana se estudió y se aceptó un plan parcialmente revisado como plan alternativo para los componentes de la segunda etapa del plan de desarrollo del nuevo alcantarillado propuesto del Plan Maestro.

Con el fin de resolver el segundo asunto, se han hecho coordinaciones y ajustes para demarcar el área de servicio del alcantarillado, preparar el diseño de la planta de tratamiento, y proporcionar las condiciones de diseño para construir las instalaciones comunes a ambas plantas, a saber, la estación de bombeo del afluente, las instalaciones para el tratamiento preliminar, y el edificio administrativo y los locales de los operadores.

Se requiere que el proceso de tratamiento de las aguas residuales que se aplique para el Proyecto del GEF/PNUD elimine grandes cantidades de nutrientes, por lo que se necesitará contar con un proceso de tratamiento avanzado. No obstante, como se mencionó en la sección anterior, la prioridad en nuestro Estudio es la remoción de materias orgánicas. En otras palabras, se aplicará un proceso secundario para las instalaciones de tratamiento que se agregarán. Por tanto, proponemos que las instalaciones principales para el tratamiento de las aguas residuales, con la excepción de instalaciones comunes tales como las bombas del afluente, los tamicos, la cámara del desarenador, el edificio administrativo y el local de los operadores, se construyan por separado debido a los diferentes niveles de tratamiento.

#### **(3) Plan de desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado hasta el año 2020**

En la Tabla 2.12 aparece el plan de desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado hasta el año 2020 para la parte del Plan Maestro de Alcantarillado. Se propone que en principio toda el agua

residual generada en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo sea tratada en la PTAR Luyanó.

**Tabla 2.12 Bosquejo del plan de desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado hasta el año 2020**

Aspecto	Distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo	Total propuesto con el proyecto del GEF/PNUD
1. Población de servicio del alcantarillado	138,300	163,600
2. Área de servicio de alcantarillado	1,054 ha	1,300 ha
3. Generación de aguas residuales en el 2020	47,940 m <sup>3</sup> /d	56,400 m <sup>3</sup> /d
Doméstica	23,240 m <sup>3</sup> /d	27,485 m <sup>3</sup> /d
No doméstica (pequeños usuarios )	21,300 m <sup>3</sup> /d	25,194 m <sup>3</sup> /d
No doméstica (grandes usuarios )	3,400 m <sup>3</sup> /d	3,704 m <sup>3</sup> /d
4. Sistema de colección de aguas residuales		
4.1 Redes de alcantarillado	Diámetro: 216/250 mm, HDPE, 212 km de longitud (Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez : 105 km de longitud, Colector de la margen izquierda del Luyanó : 107 km de longitud)	HDPE: tubería de polietileno de alta densidad. Se muestran los diámetros
4.2 Colector	Colector de la margen derecha del Luyanó-Martín Pérez : Método de excavación : Diámetro de 216/250mm a 1030/1200mm, HDPE, 13.0 km longitud Método de perforación : Diámetro del túnel 1500mm, Diámetro de la tubería interior: de 216/250 mm a 1030/1200mm, 5.4 km de longitud.	interiores y exteriores.
	Colector de la margen izquierda del Luyanó: Método de excavación: Diámetro de 216/250mm a 1030/1200mm, 13.0 km de longitud Método de perforación: Diámetro del túnel: 1500mm, Diámetro de la tubería interior: de 535/630 mm a 1030/1200mm, 1.3 km de longitud.	
5. Planta de tratamiento de aguas residuales	PTAR Luyanó	
5.1 Capacidad de diseño	53,700 m <sup>3</sup> /d (621 L/s)	71,000 m <sup>3</sup> /d (821 L/s)
5.2 Nivel y proceso de tratamiento de aguas residuales	Nivel secundario de tratamiento, Proceso convencional de lodos activados; Tratamiento preliminar + Sedimentación primaria + Aeración + Sedimentación final + Recirculación de lodos	
5.2 Tratamiento y disposición del lodo	Espesador de lodos + Digestión anaeróbica + Deshidratación mecánica + Disposición final (relleno sanitario)	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

#### **(4) Alternativa de disposición del agua residual en el mar para el área del colector de la margen izquierda del río Luyanó**

Es posible aplicar el plan para la disposición en el mar del agua residual recogida por el Colector de la margen izquierda del río Luyanó como plan alternativo al plan de expansión de las instalaciones de tratamiento de la PTAR en virtud del proyecto propuesto para la segunda etapa.

El agua residual generada en la margen izquierda del río Luyanó podría conducirse a través del nuevo sistema de colección propuesto formado por el Colector Sur A, la estación de bombeo de Matadero, el colector a presión y el Colector Sur Nuevo por el Colector Sur pasando por la estación de bombeo de Casablanca hasta su disposición en el mar.

Para poner en práctica esta alternativa ha de resolverse el problema de las interconexiones en la zona de drenaje del Dren Arroyo Matadero durante el proyecto de la primera etapa. Durante la segunda y tercera etapas se deberá solucionar el problema de las interconexiones en la zona de drenaje del Dren Agua Dulce.

Cuando se aplique esta alternativa para el desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado durante el proyecto de la segunda etapa, se necesitará revisar el plan de expansión de las instalaciones de tratamiento de la PTAR Luyanó propuesto como parte del Plan Maestro:

- El plan de expansión de las instalaciones de tratamiento como parte del proyecto de la segunda etapa se cancelaría como se ilustra en la Figura 2.4.
- Con la capacidad de tratamiento de 407 L/s o 35,200 m<sup>3</sup>/d al final del proyecto de la primera etapa se podría recibir y tratar el agua residual generada en la zona ampliada sin necesidad de elevar la capacidad de tratamiento. En la Figura 2.4 se ilustra esta situación en el esquema de la parte inferior izquierda para el caso del Estudio de Factibilidad para el proyecto de la segunda etapa..
- Cuando se implemente la alternativa de la disposición en el mar después del proyecto de la segunda etapa, se recomienda revisar el plan propuesto para el sistema de alcantarillado de cuatro zonas, incluyendo una evaluación de los efectos sobre la calidad del agua operados por los proyectos ejecutados. La revisión del plan de alcantarillado ha de incluir un estudio de la posible unificación de los distritos Luyanó Arriba y Luyanó-Martín Pérez Abajo con el fin de tratar toda el agua residual en la PTAR Luyanó.

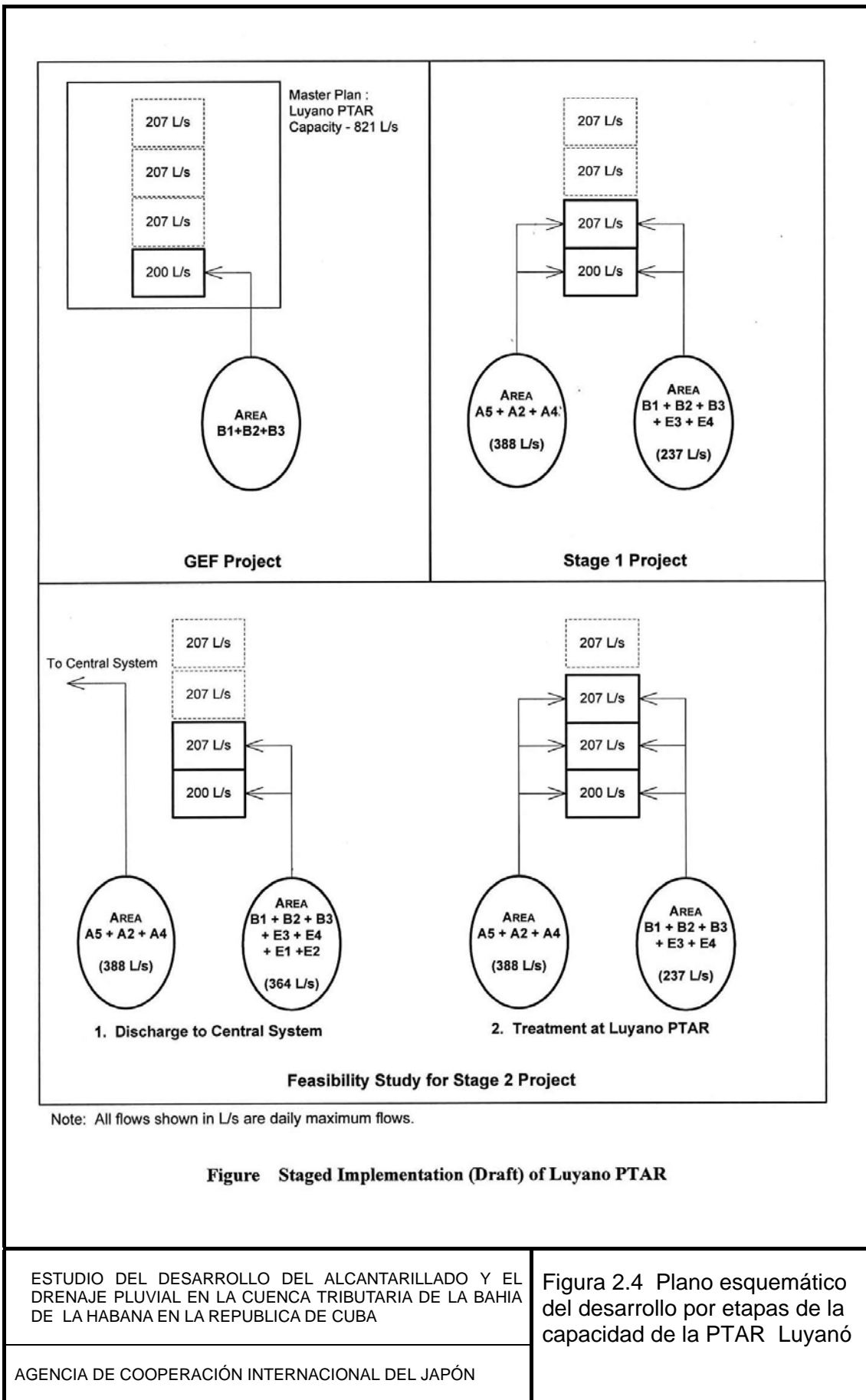


Figure Staged Implementation (Draft) of Luyano PTAR

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 2.4 Plano esquemático del desarrollo por etapas de la capacidad de la PTAR Luyano

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

## **2.5 PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

### **2.5.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO**

En la Tabla 2.13 aparece el resumen del plan maestro de alcantarillado, en virtud del cual el sistema de alcantarillado propuesto se rehabilitará o construirá hasta el año 2020.

### **2.5.2 PROGRAMA DE EJECUCIÓN PROPUESTO**

La construcción por etapas de los componentes del sistema de alcantarillado propuestos implicará la inversión de capitales durante un período de varios años. Se propone un programa completo de ejecución de 15 años para la terminación del plan de alcantarillado propuesto hasta el 2020, como se muestra en la Figura 2.5. El programa de ejecución se dividirá en tres etapas de construcción consecutivas, no comenzará antes del 2006 y finalizará en el 2020.

Tabla 2.13 Resumen del Plan Maestro de Alcantarillado propuesto

Aspecto	(A) Plan Maestro de Alcantarillado propuesto (hasta el año 2020)	(B) Desglose 1 : Mejoramiento del Sistema Central de Alcantarillado existente	(C) Desglose 2: Desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado en el distrito Luyanó-Martín Pérez Abajo	(D) Dentro del Área de Estudio (Cuenca de la Bahía de la Habana)	Proporción de la cobertura (A)/(D)
1. Población de servicio del alcantarillado	Población total de servicio: <b>750,600</b> Dentro del Área de Estudio: <b>591,500</b> Fuera del Área de Estudio: <b>159,100</b>	Población de servicio: <b>587,000</b> Dentro del Área de Estudio: <b>427,900</b> Fuera del Área de Estudio: 159,100	Población de servicio del alcantarillado: <b>163,600</b> Plan de ejecución propuesto: <b>138,300</b> con el proyecto del GEF/PNUD: 25,300	Población total: 800,000	74 %
2. Área de servicio del alcantarillado	Área total: 4,289 ha <b>Dentro del Área de Estudio: 3,522</b> ha Fuera del Área de Estudio: 767 ha	Área total con alcantarillado: 2,989 ha <b>Área con alcantarillado dentro del Área de Estudio: 2,222</b> ha, Fuera del Área de Estudio: 767 ha	Área total con alcantarillado: <b>1,300 ha (1,628 ha)</b> , Área con alcantarillado propuesta <b>1,054</b> ha, con el proyecto del GEF/PNUD: 246 ha	Área total: 5,665 ha,	62 %
3. Generación de agua residual en el 2020	<b>Dentro: 204,600</b> m <sup>3</sup> /d Total: 263,700 m <sup>3</sup> /d	<b>Dentro: 148,200</b> m <sup>3</sup> /d Total 207,300 m <sup>3</sup> /d	<b>56,400</b> m <sup>3</sup> /d Con el plan de ejecución (47,940 m <sup>3</sup> /d)	256,900 m <sup>3</sup> /d	80 %
Domsética	<b>Dentro: 99,373</b> m <sup>3</sup> /d Total: 126,102 m <sup>3</sup> /d	<b>Dentro: 71,888</b> m <sup>3</sup> /d Total 98,617 m <sup>3</sup> /d	<b>27,485</b> m <sup>3</sup> /d Con el plan de ejecución (23,240 m <sup>3</sup> /d)	121,900 m <sup>3</sup> /d	82 %
No doméstica (pequeños usuarios )	<b>Dentro: 91,091</b> m <sup>3</sup> /d Total: 115,592 m <sup>3</sup> /d	<b>Dentro: 65,897</b> m <sup>3</sup> /d Total: 90,398 m <sup>3</sup> /d	<b>25,194</b> m <sup>3</sup> /d Con el plan de ejecución (21,300 m <sup>3</sup> /d)	111,800 m <sup>3</sup> /d	82 %
No doméstica (grandes usuarios )	<b>Dentro: 14,081</b> m <sup>3</sup> /d Total: 21,918 m <sup>3</sup> /d	<b>Dentro: 10,377</b> m <sup>3</sup> /d Total: 18,214 m <sup>3</sup> /d	<b>3,704</b> m <sup>3</sup> /d Con el plan de ejecución (3,400 m <sup>3</sup> /d)	23,100 m <sup>3</sup> /d	61 %
4. Cargas contaminantes de DBO en el año 2020					
Carga generada	43.4 ton/d	31.7 ton/d	11.7 ton/d	78.4 ton/d Incluyendo otros 3 distritos de alcantarillado excluidos en el PM de 11.1 ton/d, saneamiento de 2.2 ton/d y refinería de 21.7 ton/d.	55 %
Carga vertida en la Bahía de la Habana	1.2 ton/d	0.0 ton/d	1.2 ton/d	36.2 ton/d	
Reducción de la carga vertida en la Bahía de la Habana	42.2 ton/d	31.7 ton/d	10.5 ton/d	52.2 ton/d Potencial con el alcantarillado	81 % de la prevista

**Tabla 2.13 Resumen del Plan Maestro de Alcantarillado propuesto (Continuad)**

Aspecto	(A) Plan Maestro de Alcantarillado propuesto (hasta el año 2020 )	(B) Desglose 1 : Mejoramiento del Sistema Central de Alcantarillado existente	(C) Desglose 2: Desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado en el distrito Luyanó-Martín Pérez Abajo	(D) Dentro del área de estudio (Cuenca de la Bahía de la Habana)	Proporción de la cobertura (A)/(D)
5. Programa de ejecución por etapas propuesto (Plan Maestro de Alcantarillado)					
5.1 Proyecto de la Primera Etapa	Los componentes del proyecto son la combinación de los componentes que aparecen en las dos columnas de la izquierda.	Realizar estudios detallados de las interconexiones con el fin de identificar y preparar los trabajos de diseño para la instalación de la tubería de conexión y resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero. Realizar estudios detallados de las condiciones físicas de la estructura del sifón y preparar un plan de rehabilitación que incluya la instalación de una estructura adicional para el sifón. Tomar las medidas necesarias para resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero. Rehabilitar las dos unidades de las cámaras de rejillas de Caballería. Rehabilitar la estación de bombeo de Casablanca incluyendo la sustitución de las bombas existentes por cuatro nuevas unidades, Q=1.75 m <sup>3</sup> /s, Altura de bombeo=8 m, con una de reserva. Construir la estación de bombeo de Matadero propuesta. Instalar la tubería de conexión entre el Colector Cerro y la estación de bombeo de Casablanca. Instalar el colector a presión y el Colector Sur Nuevo propuestos entre la estación de bombeo de Matadero y las cámaras de rejillas de Caballería.	Instalar el Colector propuesto para la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez. Instalar el Colector propuesto para la margen izquierda del río Luyanó. Construir las instalaciones para el tratamiento biológico secundario de las aguas residuales en la PTAR Luyanó, con capacidad de tratamiento de 207 L/s, lo que eleva la capacidad total a 407 L/s o 35,200 m <sup>3</sup> /d, si se incluye la capacidad de 200 L/s desarrollada con el Proyecto del GEF/PNUD. Instalar redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.		
5.2 Proyecto de la Segunda Etapa	Los componentes del proyecto son la combinación de los componentes que aparecen en las dos columnas de la izquierda.	Realizar estudios detallados de las interconexiones con el fin de identificar y preparar los trabajos de diseño para la instalación de la tubería de conexión y resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Agua Dulce. Tomar las medidas necesarias para resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Agua Dulce. Rehabilitar el Colector Sur. Construir el Colector Sur A Construir una estación de bombeo (estación de rebombeo) después del túnel de conducción, con cuatro unidades de Q=1.75 m <sup>3</sup> /s, altura de bombeo=5 m incluyendo una de reserva. Realizar trabajos de reparación menores del túnel de conducción existente. Sustituir el emisario submarino.	Extender el Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez. Extender el Colector de la margen izquierda del río Luyanó. Incrementar la capacidad de tratamiento de la PTAR Luyanó en 207 L/s, con lo que la capacidad total de tratamiento ascendería a 614 L/s o 53,100 m <sup>3</sup> /d. Instalar redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.		
5.3 Proyecto de la Tercera Etapa	Los componentes del proyecto son la combinación de los componentes que aparecen en las dos columnas de la izquierda.	Tomar las medidas necesarias para resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Agua Dulce.	Extender el Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez. Extender el Colector de la margen izquierda del río Luyanó. Elevar la capacidad de tratamiento de la PTAR Luyanó en 207 L/s, con lo que la capacidad total de tratamiento ascendería a 821 L/s o 71,000 m <sup>3</sup> /d. Instalar redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.		

R-34

No.	Etapa	Aspecto	Preparatoria			Primera etapa					Segunda etapa					Tercera etapa				
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.		Estudio de JICA	▨																	
1.	1ra	Acuerdos financieros (Préstamos, etc.,)		■																
2.1		Selección de los consultores nacionales y extranjeros			▣															
2.2		Informe detallado y licitación				▣														
3.		Precalificación y contrato					▣													
4.		Ejecución de los componentes del Proyecto de la Primera Etapa						■												
5.		Supervisión de las construcciones							▣											
6.	2da	Acuerdos financieros (Préstamos, etc.,)					■													
7.1		Selección de los consultores nacionales y extranjeros							▣											
7.2		Diseño detallado y licitación							▣											
8.		Precalificación y contrato								▣										
9.		Ejecución de los componentes del Proyecto de la Segunda Etapa									■									
10.		Supervisión de las construcciones																		
11.	3ra	Acuerdos financieros (Préstamos, etc.,)									■									
12.1		Selección de los consultores nacionales y extranjeros										▣								
12.2		Diseño detallado y licitación										▣								
13.		Precalificación y contrato																		
14.		Ejecución de los componentes del Proyecto de la Tercera Etapa																	■	
15.		Construction Supervision																		

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 THE DEVELOPMENT STUDY ON THE IMPROVEMENT OF SEWERAGE AND DRAINAGE SYSTEM FOR THE HAVANA BAY

Figura 2.5  
 Programa general de ejecución



### 2.5.3 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

#### (1) Instituciones gubernamentales

En la Tabla que aparece a continuación se propone y resume el fortalecimiento institucional para las principales entidades cubanas relacionadas con el alcantarillado y el medio ambiente de la Bahía de La Habana.

**Tabla 2.14 Recomendaciones para el fortalecimiento de las instituciones gubernamentales**

<b>Instituciones</b>	<b>Recomendaciones</b>
<b>GTE</b>	Desempeña un papel fundamental en el control de la contaminación, así como en el monitoreo de la calidad del agua. Coordina las funciones ambientales del MINAGRI, el MINSAP y el MIP dentro de la bahía para fortalecer su posición como el grupo responsable del cuidado del medio ambiente de la Bahía de La Habana. Recibe asimismo suficiente financiamiento para responsabilizarse por la creación de una base de datos integrada sobre la calidad del agua.
<b>CITMA</b>	Se necesitan más leyes y regulaciones en el sector ambiental para fortalecer la Ley del medio ambiente (Ley 81) y garantizar su cumplimiento. Tal vez exista la necesidad de fortalecer su capacidad administrativa y ejecutiva.
<b>INRH/DPRH</b>	Es una institución viable y no necesita fortalecimiento.
<b>Otras</b>	El MINBAS debe ocuparse de la contaminación por derrames de hidrocarburos. Sin embargo, el MINBAS no parece estar dentro de la estructura institucional relacionada con el control de la contaminación de la bahía.

#### (2) Empresas de agua y alcantarillado

Es probable que la empresa mixta Aguas de la Habana se expanda y asuma el área de servicio del Acueducto del Este en el futuro cercano, ciertamente antes del comienzo propuesto del PM de Alcantarillado. En virtud del acuerdo institucional de concesión, el INRH se convertirá en el propietario de los activos en nombre del Estado, y Aguas de La Habana los operará y mantendrá.

Aguas de la Habana ha casi cumplido tres de los veinticinco años de su acuerdo de concesión con Aguas de Barcelona, y ha alcanzado ya grandes progresos en la dirección de las operaciones y en la rehabilitación de los activos.

Se recomienda contar con personal adicional para la operación y el mantenimiento de las instalaciones de alcantarillado propuestas. El personal se contratará o se transferirá de otras secciones de la empresa. La Tabla a continuación muestra la cantidad de empleados necesaria para operar las instalaciones en la última etapa.

**Tabla 2.15 Cantidad de empleados propuesta para la operación de la PTAR y de las EB**

<b>Personal</b>	<b>PTAR Luyanó</b>	<b>EB de Matadero</b>	<b>EB de Casablanca</b>	<b>ERB de la Playa del Chivo</b>
Administrador	1	0	1	0
Jefe de Sección- Administración	0	1	0	0
Jefe de Sección-Tratamiento	1	0	0	0
Jefe de Sección- Operaciones	1	1	1	1
Jefe de Sección –Calidad del agua	1	0	0	0
Ingeniero-Tratamiento	2	0	0	0
Ingeniero-Calidad del agua	3	0	0	0
Administrador- Administración	1	1	1	1
Operadores-PTAR/EB	2	8	12	6
Operadores-General	12	0	0	0
Choferes	2	1	1	1
Trabajadores	4	2	6	3
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>22</b>	<b>12</b>

Se requerirá capacitar al personal de la nueva PTAR Luyanó que empleará el proceso convencional de lodos activados. Sin embargo, habría poca necesidad de fortalecimiento institucional. La Sección de Gestión y Capacitación del Departamento de Recursos Humanos ha de ser capaz de brindar capacitación al personal que laborará en las nuevas instalaciones. La capacitación en el propio puesto de trabajo formará parte del contrato de construcción, y Aguas de Barcelona, a través de su contrato de administración incluido en el acuerdo de concesión, podrá proporcionar la capacitación técnica que se considere necesaria. Aguas de la Habana opera plantas similares en Varadero, donde se demostró que el personal cubano posee el nivel educacional requerido para absorber con prontitud las nuevas tecnologías.

Se propone asimismo la creación de nuevos departamentos en Aguas de la Habana para el desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado.

**Tabla 2.16 Departamentos y personal de la oficina principal propuestos para el P/M de alcantarillado**

<b>Departamento</b>	<b>Necesidad de personal</b>	<b>Observaciones</b>
Administración y departamento de servicio	Director general (1), Administración general (5), Contabilidad (4), Facturación (9), Personal (3), Asuntos de propiedad (3), Información (3), y Transporte (4)	26 inicialmente y aumentará a 32 en la tercera etapa.
Departamento de construcción	Jefe de departamento (1), Administración general (6), División de Planificación (4), División de diseño (6), División de construcción (7), Ingeniería de entronques a las viviendas (7)	Bajo el control de la División de Construcción del Departamento Técnico existente.
Departamento de operación y mantenimiento	Jefe (1), Administración general (6), Mantenimiento del alcantarillado (4), PTAR (4), Monitoreo de la calidad del agua (3), Servicios de entronque a las viviendas (7)	20 inicialmente y aumentará a 25 en la tercera etapa. Bajo el control de la División de Drenaje y Alcantarillado del Departamento Técnico existente.
Dos sucursales de mantenimiento del alcantarillado	Directores (2), Ingenieros (8), Administradores (2), Choferes (12), y trabajadores (24)	24 inicialmente y aumentará en la tercera etapa.

## 2.5.4 COSTOS DEL PROYECTO

### (1) Bases del cálculo del costo

El nivel de precios del cálculo del costo es el del 2003. El costo incluye una porción en moneda libremente convertible (MLC) y una porción en moneda nacional (MN). La porción en MLC y la porción en MN se calculan en dólares estadounidenses y pesos cubanos respectivamente. Los bienes y servicios disponibles en el mercado local se estiman en MN, mientras que los bienes y servicios de importación se calculan en MLC. Sin embargo, cuando la asignación de la porción en MLC y de la porción en MN resulta difícil a causa de la carencia de datos disponibles, se emplearon las experiencias y las prácticas tanto de expertos cubanos como japoneses para asignar los costos.

### (2) Inversión de capitales

La inversión de capitales se calcula con los componentes siguientes.

**Tabla 2.17 Componentes de costo de la inversión de capitales**

Aspecto	Observaciones
(1) Costo directo de construcción	Colectores (material de las tuberías, obras civiles), Estación de Bombeo y planta de rehabilitación de aguas residuales (obras civiles, arquitectónicas, trabajos mecánicos y eléctricos)
(2) Costo indirecto de construcción	
(a) Adquisición de terrenos y compensación	
(b) Gastos administrativos	3% x porción en moneda nacional de (1)
(c) Servicios de ingeniería	10% x Costo directo de construcción de las nuevas obras 12% x Costo directo de construcción de las obras de rehabilitación
(d) Contingencia física	10% del costo directo de construcción total

**Tabla 2.18 Inversión total de capitales necesaria para el Plan Maestro de Alcantarillado**

Unidad: MLC (x 1,000 US\$) y MN (x 1,000 Pesos)

No.	Aspecto	Distrito de alcantarillado existente		Nuevo distrito de alcantarillado		Costo requerido del proyecto	
		Sistema Central		Luyanó-Martín Pérez Abajo		Total	
		MLC	MN	MLC	MN	FC	LC
1.	Colectores	19,525	12,367	60,010	40,006	79,535	52,373
2.	Sistema de bombeo	7,881	4,117	0	0	7,881	4,117
3.	PTAR	0	0	20,816	9,711	20,816	9,711
	<b>Costo directo total</b>	<b>27,406</b>	<b>16,484</b>	<b>80,826</b>	<b>49,717</b>	<b>108,232</b>	<b>66,201</b>
1.	Adquisición de terrenos y compensación	0	0	0	0	0	0
2.	Gastos administrativos	0	495	0	1,491	0	1,986
3.	Servicios de ingeniería	3,018	1,830	8,083	4,972	11,101	6,802
4.	Contingencia física	2,741	1,648	8,083	4,972	10,824	6,620
	<b>Costo indirecto total</b>	<b>5,759</b>	<b>3,973</b>	<b>16,166</b>	<b>11,435</b>	<b>21,925</b>	<b>15,408</b>
	<b>Costo total de capital a los precios del 2003</b>	<b>33,165</b>	<b>20,457</b>	<b>96,992</b>	<b>61,152</b>	<b>130,157</b>	<b>81,609</b>

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

Tabla 2.19 Inversión de capitales para el mejoramiento del Sistema Central

Unidad: MLC (x 1,000 US\$) y MN (x 1,000 Pesos)

No.	Componente	Costo del Proyecto		Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa	
		MLC	MN	MLC	MN	MLC	MN	MLC	MN
1.1	Instalación del colector a presión, del Colector Sur Nuevo y de la tubería de interconexión	3,139	2,091	3,139	2,091	0	0	0	0
1.2	Medidas para resolver el problema de las interconexiones	7,237	4,824	3,480	2,320	1,357	904	2,400	1,600
1.3	Rehabilitación del Colector Sur	1,956	1,304	0	0	1,956	1,304	0	0
1.4	Construcción del Colector Sur	3,271	2,181	0	0	3,271	2,181	0	0
1.5	Sustitución de los colectores inapropiados	1,848	1,232	0	0	822	548	1,026	684
1.6	Reparación del túnel de conducción	174	260	0	0	174	260	0	0
1.7	Sustitución del emisario submarino	1,900	475	0	0	1,900	475	0	0
1.	<b>Sub-total de los colectores</b>	<b>19,525</b>	<b>12,367</b>	<b>6,619</b>	<b>4,411</b>	<b>9,480</b>	<b>5,672</b>	<b>3,426</b>	<b>2,284</b>
2.1	Rehabilitación de las cámaras de rejillas	190	87	190	87	0	0	0	0
2.2	Construcción de la estación de bombeo de Matadero	2,971	1,490	2,971	1,490	0	0	0	0
2.3	Rehabilitación de la estación de bombeo de Casablanca	2,508	1,358	2,508	1,358	0	0	0	0
2.4	Construcción de una estación de re-bombeo	2,212	1,182	0	0	2,212	1,182	0	0
2.	<b>Sub-total de las estaciones de bombeo</b>	<b>7,881</b>	<b>4,117</b>	<b>5,669</b>	<b>2,935</b>	<b>2,212</b>	<b>1,182</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Costo directo total</b>	<b>27,406</b>	<b>16,484</b>	<b>12,288</b>	<b>7,346</b>	<b>11,692</b>	<b>6,854</b>	<b>3,426</b>	<b>2,284</b>
1.	Adquisición de terrenos y compensación	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	Gastos administrativos	0	495	0	220	0	206	0	69
3.	Servicios de ingeniería	3,018	1,830	1,352	810	1,255	746	411	274
4.	Contingencia física	2,741	1,648	1,229	735	1,169	685	343	228
	<b>Costo indirecto total</b>	<b>5,759</b>	<b>3,973</b>	<b>2,581</b>	<b>1,765</b>	<b>2,424</b>	<b>1,637</b>	<b>754</b>	<b>571</b>
	<b>Costo total de capital a los precios del 2003</b>	<b>33,165</b>	<b>20,457</b>	<b>14,869</b>	<b>9,111</b>	<b>14,116</b>	<b>8,491</b>	<b>4,180</b>	<b>2,855</b>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**Tabla 2.20 Inversión de capitales para el desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado**

Unidad: MLC (x 1,000 US\$) y MN (x 1,000 Pesos)

No.	Componente	Costo del proyecto		Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa	
		FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC
1.1	Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez y redes de alcantarillado	35,303	23,535	19,234	12,822	7,554	5,036	8,515	5,677
1.2	Colectores de la margen izquierda de Luyanó y redes de alcantarillado networks	24,707	16,471	4,730	3,154	7,211	4,807	12,766	8,510
1.	<b>Sub-total de los colectores</b>	60,010	40,006	23,964	15,976	14,765	9,843	21,281	14,187
2.	<b>PTAR</b>	20,816	9,711	6,891	3,273	7,709	3,614	6,216	2,824
	<b>Costo directo total</b>	80,826	49,717	30,855	19,249	22,474	13,457	27,497	17,011
1.	Adquisición de terrenos y compensación	0	0	0	0	0	0	0	0
2.	Gastos administrativos	0	1,491	0	577	0	404	0	510
3.	Servicios de ingeniería	8,083	4,972	3,086	1,925	2,247	1,346	2,750	1,701
4.	Contingencia física	8,083	4,972	3,086	1,925	2,247	1,346	2,750	1,701
	<b>Costo indirecto total</b>	16,166	11,435	6,172	4,427	4,494	3,096	5,500	3,912
	<b>Costo total de capital a los precios del 2003</b>	96,992	61,152	37,027	23,676	26,968	16,553	32,997	20,923

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**(2) Costo de O/M**

El costo de O/M para las instalaciones de alcantarillado propuestas se compone de los elementos siguientes: 1) Costo de personal, 2) Costo de electricidad, y 3) Costo de los productos químicos. En la Tabla 2.21 se resume el costo de O/M.

**1) Costo de personal**

El costo de personal se calcula en moneda nacional. El costo de la unidad se basa en el costo real requerido para cada personal clasificado. El costo de personal se estima para el personal propuesto necesario para construir, operar y mantener las instalaciones de alcantarillado propuestas.

**2) Costo de electricidad**

El costo de electricidad se calcula en moneda nacional para la estación de bombeo existente de Casablanca, la estación de bombeo de Matadero, y la PTAR Luyanó. El costo de electricidad requerido depende del volumen de agua residual bombeado y tratado que se calcula a partir del supuesto de la cobertura del servicio.

**3) Costo de los productos químicos**

El costo de los productos químicos se calcula a partir del volumen de productos necesario para la deshidratación del lodo producido en la PTAR Luyanó por las instalaciones de desagote mecánico. Toda vez que los productos químicos se importan, su costo se calcula en dólares estadounidenses.

**Tabla 2.21 Costo anual de operación y mantenimiento para los componentes del Sistema de Alcantarillado propuestos del P/M de Alcantarillado**

Año	Costo anual de personal (x 1,000 Pesos)							Costo anual de electricidad (x 1,000 Pesos)						Productos químicos	Costo total de O/M	
	Sede	Mejoras del Sistema Central				PTAR Luyanó	Total	Mejoras del Sistema Central				Luyanó WWTP	Total	Costo(x 1,000 USD)	Posos x 1,000	USD x 1,000
		EB Matadero	EB Casablanca	Estación de rebombeo de la Playa del Chivo	Sub-total			Madero PS	Casablanca PS	Chivo Re-PS	Sub-total			PTAR Luyanó		
2011	540	73	107	0	180	145	865	53	180	0	233	44	277	17	1,142	17
2012	540	73	107	0	180	145	865	53	180	0	233	51	284	33	1,149	33
2013	540	73	107	0	180	145	865	138	180	0	318	56	374	46	1,239	46
2014	540	73	107	0	180	145	865	138	180	0	318	59	377	54	1,242	54
2015	540	73	107	0	180	145	865	138	180	0	318	63	381	62	1,246	62
2016	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	101	456	83	1,512	83
2017	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	111	466	104	1,522	104
2018	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	119	474	121	1,530	121
2019	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	124	479	133	1,535	133
2020	657	73	107	57	237	162	1,056	53	184	118	355	130	485	146	1,541	146
2021	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	164	523	166	1,614	166
2022	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	175	534	187	1,625	187
2023	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	184	543	204	1,634	204
2024	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	190	549	216	1,640	216
2025	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	197	556	229	1,647	229
2026	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	199	558	233	1,649	233
2027	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	201	560	237	1,651	237
2028	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	204	563	241	1,654	241
2029	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	206	565	245	1,656	245
2030	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2031	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2032	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2033	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2034	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249
2035	692	73	107	57	237	162	1,091	53	187	119	359	208	567	249	1,658	249

R-41

## 2.5.5 EFECTOS DEL PROYECTO EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

### (1) Reducción de la carga contaminante

La implementación de los Proyectos propuestos en el P/M cubrirá el Sistema Central y parte del Nuevo Sistema de Alcantarillado, esto es, el Distrito de Alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo, con tratamiento secundario. En la Tabla 2.22 se muestra la reducción estimada de la carga contaminante con la implementación del P/M en el Nuevo Sistema de Alcantarillado y su comparación con la reducción potencial de la carga contaminante si se aplicara el tratamiento secundario en todos los distritos de alcantarillado del Nuevo Sistema de Alcantarillado.

El P/M del Nuevo Sistema de Alcantarillado cubre aproximadamente el 51 % de toda la carga generada en el Nuevo Sistema de Alcantarillado y la reducción en el P/M es también de alrededor del 51 % de la reducción potencial en todos los distritos de alcantarillado cuando se implemente el Sistema de Alcantarillado en tales distritos, y que incluye la reducción con el Proyecto del GEF/PNUD. Si se excluyera esta, la reducción con los proyectos del P/M es de un 39 % de la reducción potencial.

**Tabla 2.22 Reducción de la carga contaminante con el P/M del desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado**

Aspecto	Carga			
	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
Nuevo Sistema de Alcantarillado-todos los distritos de alcantarillado				
Generación estimada de la carga , kg/d	22,794	3,481	892	22,794
Reducción estimada de la carga (A), kg/d	20,515	522	134	20,515
Nuevo Sistema de Alcantarillado –área del P/M				
Generación estimada de la carga , kg/d	11,723	1,779	460	11,723
Reducción estimada de la carga con el proyecto del GEF/PNUD (B), kg/d	2,546	64	17	2,546
Reducción estimada de la carga con el P/M (C), kg/d	8,005	203	52	8,005
Reducción total estimada de la carga con el proyecto del GEF y el P/M, kg/d	10,551	267	69	10,551
C/A	39%	39%	39%	39%
(B+C)/A	51%	51%	51%	51%

En el Sistema Central la implementación del P/M garantizará que el 100 % de la carga contaminante generada se desvíe hacia la Playa del Chivo. La Tabla 2.23 muestra la carga contaminante generada en el Sistema Central y la carga vertida a través de los drenes debido a las interconexiones a partir de la carga medida.

**Tabla 2.23 Reducción de la carga contaminante con el P/M del mejoramiento del Sistema de Alcantarillado**

Aspecto	Carga			
	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
Sistema Central de Alcantarillado				
Generación de carga estimada, kg/d	17,116	3,167	813	17,116
Reducción estimada de la carga a partir de la generación	100%	100%	100%	100%
Reducción de la carga a partir de la carga medida a través de los drenes debido a las interconexiones*	17,032	1,284	2,303	7,244

\* - Total de la carga vertida a través de los drenes Matadero, Agua Dulce y San Nicolás. Debe observarse que el sistema central existente cubre zonas fuera de la cuenca de la bahía. Las aguas residuales generadas en las zonas ubicadas más allá de los límites de la cuenca de la bahía se descontinuarán.



## (2) Mejoramiento de la calidad del agua

En las Tablas 2.24 y 2.25 se muestran los resultados del cálculo de la descarga de agua residual en la bahía para las condiciones existentes (medidas) y con la implementación del P/M a partir del supuesto descrito.

**Tabla 2.24 Caso 1- Condiciones existentes (año 2002)**

Distrito de alcantarillado	Fuente (Sistema fluvial)	Flujo	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
		m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Luyanó-abajo	Luyanó	114,826	9,784	1,627	732	3,875
Luyanó-arriba						
Martín Pérez-abajo	Martín Pérez	62,122	1,518	245	55	1066
Martín Pérez-arriba						
Tadeo	Tadeo	8,517	1,812	104	46	98
Existente (Central)						
San Nicolás	San Nicolás	8,554	1,320	145	79	352
Matadero	Matadero	77,760	8,942	610	1,053	3,650
Agua Dulce	Agua Dulce	43,200	6,770	529	1,171	3,242
Refinería		6,406	21,723	54	1	
Total		321,385	51,869	3,314	3,137	12,283

**Tabla 2.25 Caso P/M**

Distrito de alcantarillado	Fuente (Sistema fluvial)	Flujo	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
		m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Luyanó-abajo	Luyanó	167,122	5,840	2,191	562	6,873
Luyanó-arriba						
Martin Pérez-abajo	Martin Pérez	70,842	5,143	942	204	7,892
Martin Pérez-arriba						
Tadeo	Tadeo	10,635	1,934	307	76	1,945
Existente (Central)						
San Nicolás	San Nicolás					
Matadero	Matadero					
Agua Dulce	Agua Dulce					
Refinería		6,406	21,723	54	1	
Total		255,005	34,640	3,494	842	16,710

Los resultados de la simulación de la calidad del agua indican que con la implementación del P/M los niveles de OD en la Ensenada de Atarés alcanzarán la Clase F (mínimo de 2 mg/L). En la actualidad el nivel es inferior al de la Clase F. Este será el primer paso en el mejoramiento de la calidad del agua de la bahía para cumplir con el objetivo de 3 mg/L de OD cuando se aplique el tratamiento secundario (Caso 4) a toda el agua residual generada en el área del Nuevo Sistema de Alcantarillado.

### 2.5.6 CAPACIDAD DE FINANCIAMIENTO

#### (1) Financiadores del Proyecto

Pueden emplearse dos principios para determinar quién debe financiar un proyecto, a saber, el principio de que el contaminador paga, y el principio de que quien paga es el beneficiario.

En un proyecto de alcantarillado encaminado a remediar la contaminación de la Bahía de La

Habana, existen diversos contaminadores y beneficiarios. En muchos casos, los contaminadores son también en alguna medida beneficiarios. En la Tabla 2.26 se identifican y caracterizan las principales partes involucradas en un posible proyecto de alcantarillado.

**Tabla 2.26 Análisis de los Contaminadores y los Beneficiarios**

<b>Interesado</b>	<b>Como contaminador</b>	<b>Como beneficiario</b>
Gobierno central (incluyendo al INRH)	Las oficinas del gobierno vierten aguas residuales.	Si se limpia la Bahía de La Habana, se generará una variedad de nuevas necesidades, de lo que se beneficiarán las industrias relacionadas. El gobierno podrá esperar más ingresos por impuestos y menos gastos por subsidios. La reducción de la morbilidad de enfermedades relacionadas con el medio ambiente del área de la bahía redundará en una disminución de los gastos médicos.
Gobierno de Ciudad de La Habana	Idem	Idem
Los 10 municipios del área de estudio	Idem	Idem
Las 3 compañías de agua del área de estudio	Como tales, ellas no contaminan la Bahía de La Habana, pero existen algunas descargas de aguas residuales provenientes de sus instalaciones.	Podrían ahorrarse algunos costos de O/M si se pusiera en práctica el proyecto. Si la Bahía de La Habana se limpia, se generará una variedad de nuevas necesidades y estas compañías venderán más agua.
Viviendas situadas en el área de estudio	Vierten aguas residuales.	Sus moradores podrán disfrutar de más actividades recreativas en la zona de la bahía.
Viviendas fuera del Área de Estudio pero dentro de las zonas de servicio de las tres compañías de agua y alcantarillado	Se supone que sus aguas residuales no contaminan la Bahía de la Habana. Sin embargo, una parte del agua residual de hecho se infiltra en el alcantarillado del área de estudio y se descarga en la bahía.	Idem
Industrias situadas en el área de estudio	Vierten aguas residuales.	Si la Bahía de La Habana se limpia, se generará una variedad de nuevas necesidades, de lo que se beneficiarán las industrias relacionadas.
Industrias situadas fuera del área de estudio, pero dentro de las áreas de servicio de las 3 compañías de agua	No se supone que sus aguas residuales contaminen la Bahía de La Habana. Sin embargo, una parte de éstas de hecho se infiltran en el alcantarillado del área de estudio y van a parar a la bahía.	Idem
Embarcaciones	Las embarcaciones comerciales vierten agua de lastre, agua de sentina y aceites residuales. Sin embargo, este tipo de contaminación no puede ser resuelta con un proyecto de alcantarillado. La descarga de aguas residuales desde las embarcaciones pequeñas es insignificante.	Los barcos de carga no recibirán ningún beneficio del proyecto, o los mismos serán insignificantes. Las embarcaciones turísticas se pueden beneficiar de una bahía limpia. Las embarcaciones pequeñas podrán disfrutar del entorno más limpio de la bahía.
Los turistas que visitan la Ciudad de La Habana	Los hoteles y restaurantes que reciben turistas se pueden considerar como contaminadores.	Los turistas podrán disfrutar de la mayor limpieza de la bahía y sus áreas aledañas.

**(2) Capacidad de pago**

**Gobierno:** La capacidad del gobierno para costear un proyecto de alcantarillado se puede estimar a partir del volumen de gastos corrientes. A partir de la información disponible acerca de la inversión de capitales para la protección del medio ambiente en los dos últimos años, el gobierno cubano gasta alrededor de 100 millones de pesos anualmente en el sector del agua y del alcantarillado.

**Household:** Su capacidad de pago se puede medir a partir de la proporción entre el posible cargo por el servicio y los ingresos totales del núcleo familiar. Mientras menor sea la proporción, mayor será la capacidad de pago. El límite máximo de las tasas comúnmente empleadas para las tarifas de alcantarillado en los países en desarrollo es de aproximadamente el 2 por ciento. Si la tarifa propuesta es inferior al 2 por ciento de los ingresos totales de la familia, se considera que esta última está en condiciones de pagar esa tarifa.

El núcleo familiar promedio está formado por cuatro personas: esposo, esposa, 1.5 niños y 0.5 anciano. Los ingresos y los gastos mensuales de un núcleo familiar promedio se estiman en 760 pesos.

Se estima que el costo del agua y el alcantarillado juntos es de 5 pesos. Estos 5 pesos incluyen 3.85 pesos por el agua y 1.15 pesos por el alcantarillado, puesto que el recargo por alcantarillado es el 30 por ciento de la cuenta del agua.

Debe señalarse que las tarifas de agua y alcantarillado son bajas en comparación con el precio de los alimentos y de los víveres no esenciales, como se muestra en la Tabla a continuación. Aun comparada, la cuenta del agua cuesta como promedio seis veces menos.

Los 1.15 pesos representan el 0.15 por ciento de los 760 pesos. El 2 por ciento de los 760 pesos es 15.2 pesos, casi 14 pesos más que la cuenta actual. En conclusión, la capacidad de las viviendas para pagar más por el servicio de alcantarillado sería considerable.

**Tabla 2.27 Precios básicos en Ciudad de La Habana**

(Ciudad de La Habana, Oct. 2002)

Rubro	Precio	(Precio en US\$ *)
Cuenta de agua	1.0 peso / persona / mes	0.04
Recargo por alcantarillado	0.3 peso / persona / mes	0.01
Teléfono público	0.05 peso / 3 minutos	0.00
Omnibus	0.4 peso / viaje	0.02
Taxi (colectivo)	1.0 peso / viaje	0.04
Periódico	0.2 peso / ejemplar	0.01
Arroz (mercado libre)	10.0 peso / kg	0.38
Granos (mercado libre)	10.0 peso / kg	0.38
Pan	10.0 peso / libra	0.38
Refrescos	9.0 peso / lata	0.35
Cigarros nacionales (suaves)	9.0 peso / cajetilla	0.35

\* US\$1 es convertible en 26 pesos, que es la tasa de cambio legal pero no oficial usada solamente para transacciones personales.

Fuente: Investigación del Equipo de Estudio

### (3) **Financiamiento externo**

La deuda externa de Cuba se mantuvo estable en alrededor de US\$11 mil millones en el período comprendido entre 1997 y el 2001, como se muestra en la Tabla 13.26. Las agencias internacionales de crédito, tales como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BIAD) y el Fondo Monetario Internacional (FMI), no han extendido sus préstamos a Cuba. Los ratios de amortización de principal de Cuba se estiman en alrededor del 20 por ciento en el período comprendido entre 1998 y el 2001.

Tomando en cuenta las circunstancias analizadas anteriormente, parecería difícil que un solo país o una sola organización pudiera financiar un proyecto de alcantarillado costoso a gran escala de una sola vez. Si el proyecto de alcantarillado se dividiera en varios segmentos o su puesta en práctica se planificara por etapas, el desembolso anual real sería menor, y sería más fácil encontrar instituciones financieras o donantes que financiaran el mismo.

#### 2.5.7 **EVALUACIÓN FINANCIERA**

##### (1) **Metodología**

La viabilidad financiera de un proyecto de inversión de capitales se analiza sobre la base del método de flujo de efectivo descontado, empleando tres indicadores, a saber, el valor neto presente (VNP), la proporción entre el costo y el beneficio (C/B) y la tasa financiera de retorno interno (TFRI).

##### (2) **Condiciones y supuestos**

Se aplican las condiciones y los supuestos siguientes:

**Agencia ejecutora:** DPRH (Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos en la Ciudad de La Habana) será la agencia constructora, mientras que Aguas de la Habana será la agencia operadora.

**Costo del proyecto:** Los costos del proyecto se componen de inversiones de capitales y de costos de O/M. Los costos de O/M sólo incluyen los gastos necesarios para las instalaciones rehabilitadas o construidas como parte del proyecto del plan maestro.

**Beneficios del proyecto:** Los beneficios del proyecto comprenden ingresos derivados del cobro a los usuarios del alcantarillado en el área servida, y contribuciones de los turistas extranjeros que visitan la ciudad. Los beneficios se determinan como la diferencia entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto.

**Tipo de cambio:** El tipo de cambio oficial del peso cubano mantiene una paridad con el dólar estadounidense, mientras que el tipo de cambio no oficial que sólo se emplea en transacciones personales internas ha ido variando de forma irregular. A fines de agosto del 2002 el tipo de cambio era de 26:1. En virtud de esta dualidad monetaria y de la incertidumbre con respecto a la aplicación de un solo tipo de cambio en los cálculos financieros, se emplearon cuatro tipos de combinaciones de moneda en el análisis del proyecto del plan maestro de alcantarillado. La primera fue el cómputo de la porción en pesos cubanos solamente; la segunda, sólo la porción en dólares; la tercera, una combinación de pesos cubanos y dólares estadounidenses según el tipo de cambio 1:1 y la cuarta, la misma combinación pero según el tipo de cambio de 26:1.

**Vida del proyecto:** Teniendo en cuenta la diversidad de componentes del proyecto, la vida del mismo se determina como de 30 años a partir del completamiento de las obras de construcción de la segunda fase.

**Tasa de descuento (Costo de oportunidad del capital):** Considerando las tasas referenciales, las tasas de descuento empleadas en la porción en pesos y en la porción en dólares se

determinaron a seis y ocho por ciento respectivamente.

**Número de usuarios y tarifas de alcantarillado:** Los beneficios principales del proyecto son los ingresos provenientes de los usuarios del alcantarillado y de las contribuciones de los turistas que visitan la ciudad. En la Tabla a continuación se resumen el número de usuarios y de turistas extranjeros, las tarifas de alcantarillado, y la contribución de los turistas extranjeros contemplados en el cálculo de los ingresos.

**Tabla 2.28 Tarifas de alcantarillado y contribución**

	Aspecto	2002	2004	2006	2011
1.	Usuarios domésticos				
1.1	Tarifa de alcantarillado (Peso/persona/año)	5	6	12	36
1.2	Población servida		860,000	=====→	1,000,000
2.	Entidades estatales y clientes institucionales				
2.1	Tarifa de alcantarillado (Peso/usuario/año)	150	180	360	900
2.2	Número de usuarios en el alcantarillado existente	10,581	11,000	11,000	11,000
2.3	Números de usuarios en el nuevo alcantarillado	Un usuario/39 residentes			Un usuario/13 residentes
3.	Personas con ingresos en divisas				
3.1	Tarifa de alcantarillado (US\$/usuario/año)	* 220	270	365	495
3.2	Usuario	* 4,066	4,500		Aumento gradual
4.	Turistas extranjeros				
4.1	Contribución (US\$/usuario)	-	-	-	2
4.2	Número de turistas	959,000			1,300,000

Nota: \* Las cifras son promedio de usuarios en el 2001 y en el 2002.

### (3) Evaluación financiera

A partir de las condiciones y de los presupuestos, se realizó un análisis financiero. Los resultados principales del análisis se resumen más abajo.

**Financial Viability:** De hecho, el proyecto está constituido por la porción en US\$ y la porción en pesos orgánicamente y no de manera fragmentada. Si el tipo de cambio de 26:1, que es el que en realidad se emplea en las transacciones personales, se considerara a la luz de una política conservadora, la TRIF sería de 1.8 por ciento. El 1.8 por ciento implica que el proyecto es intrínsecamente autofinanciado. En otras palabras, los ingresos provenientes de los usuarios y de la contribución de los turistas son suficientes para pagar los costos de construcción y los costos de O/M. Tal afirmación puede ser cierta con la condición de que el proyecto se financie mediante un préstamo concesionario o un préstamo blando cuya tasa de interés no exceda el 1.8 por ciento.

**Tabla 2.29 Resultados de los indicadores financieros de cada caso del análisis del flujo de efectivos**

Caso	TFRI	C/B	NVP	Observaciones
I: Porción en US\$ solamente	-0.1%	0.5	(\$) -40,511	
II: Porción en pesos solamente	45.1%	4.5	(P) 176,239	
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	21.0%	2.1	(P) 135,728	
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	1.8%	0.6	(P) -877,044	

Nota: Tasa de descuento: US\$ 6% Pesos 8%

**Análisis de sensibilidad:** Se hizo un análisis de sensibilidad en el que el costo de construcción y los ingresos se seleccionaron como parámetros claves. Los resultados se muestran en la Tabla más abajo.

La TFRI es ligeramente más sensible a los cambios en los costos de construcción que a los cambios en los ingresos. Una disminución de un 20 por ciento en el costo de construcción eleva la TFRI de base en 1.7 puntos, mientras que un aumento similar reduce la TFRI de base en 1.2 puntos y la TFRI se mantiene aún positiva. Un incremento del 20 por ciento en los ingresos eleva la TFRI de base en 1.3 puntos, mientras que una disminución similar reduce la TFRI de base en 1.6 puntos y la TFRI se mantiene aún positiva.

**Tabla 2.30 Análisis de sensibilidad financiera del Proyecto Prioritario**

	US\$	Peso	US\$+Peso (Ps1:US\$1)	US\$+Peso (Ps26:US\$1)
Caso base	-0.1%	45.1%	21.0%	1.8%
El costo de construcción aumenta un 20%	-1.2%	38.9%	17.4%	0.5%
El costo de construcción disminuye un 20%	1.4%	53.5%	26.2%	3.5%
Los ingresos disminuyen un 20%	-1.6%	37.2%	16.4%	0.2%
Los ingresos aumentan un 20%	1.2%	52.2%	25.3%	3.3%

## 2.5.8 EVALUACIÓN ECONÓMICA

### (1) Metodología

El método del flujo de efectivo descontado se aplica también en la evaluación económica, con el empleo de tres indicadores, a saber, el valor neto presente (VNP), la proporción entre el costo y el beneficio (C/B) y la tasa económica de retorno interno (TERI).

### (2) Evaluación del costo económico:

En la Tabla a continuación se resumen los factores de conversión de precio financiero en precio económico aplicados.

**Tabla 2.31 Factores de conversión para el análisis económico**

Aspecto	Factor de conversión	Observaciones
Materiales y equipos en divisas	0.9	Se considera el impuesto de importación.
Costo de las transacciones en divisas	0.96	Factor normal de conversión (FNC)
Material y equipos en moneda nacional	1.04	Se aplica el factor del tipo de cambio no oficial (FTCNO)
Mano de obra	0.8	Se emplea un factor normal de coeficiente salarial (FNCS).
Costo de las transacciones en moneda nacional	1.0	No se requieren ajustes para eliminar el efecto de la distorsión del mercado.
Gastos administrativos	1.02	Los gastos se asumen como medio comerciables y medio no comerciables.
Servicios de ingeniería en divisas	1.0	No hizo falta hacer ajustes.
Servicios de ingeniería en moneda nacional	1.0	Se aplica el FTCNO de 1.0.
Contingencia física en divisas	0.98	Asumida como medio comerciable y medio no comerciable. (FNC de 0.96).
Contingencia física en moneda nacional	1.02	Asumida como medio comerciable (FTCNO 1.04) y medio no comerciable.
Costo de personal en O/M	0.86	Calificado (30% FTCNO 1.0) y no calificado (70% FTCNO 0.8)
Costo de electricidad en O/M	2.0	
Costo de los productos químicos en O/M	0.9	

**Terrenos:** No se requieren costos por concepto de adquisición de terrenos y compensación para las instalaciones propuestas. Sin embargo, desde el punto de vista de la evaluación económica, cualquier terreno que se destine al proyecto necesariamente pierde sus otros posibles usos. En Cuba la compra-venta de terrenos es prácticamente inexistente o existe de forma imperfecta, por lo que el valor económico del terreno puede medirse por sus usos alternativos. Tomando en cuenta el uso actual de los terrenos y de las zonas circundantes, se considera que su uso en la agricultura urbana es económicamente razonable y viable. En la Tabla 2.32 se computan los valores de los terrenos necesarios para el proyecto del plan maestro.

**Tabla 2.32 Valores económicos de los terrenos**

	Área necesaria para el proyecto (ha)	Área cultivable <sup>b</sup> (ha)	Tenencia	Valor de la unidad (Ps/ha)	Valor de los terrenos <sup>c</sup> (Ps)
PTAR Luyanó	3.0 <sup>a</sup>	2.1	38 años (2008-2045)	214,118	449,648
Estación de Bombeo de Matadero	0.2	0.1	38 años (2008-2045)	214,118	21,412
Estación de re-bombeo de la Playa del Chivo	0.2	0.0	35 años (2011-2045)	159,408	0
Total	4.4	2.4			471,060

Fuente: Equipo de Estudio

<sup>a</sup> De las 5 hectáreas del emplazamiento de la PTAR, el proyecto del GEF utilizará dos, que aquí se descuentan.

<sup>b</sup> Estimado por el Equipo de Estudio.

<sup>c</sup> Precio cuando comiencen los derechos de posesión de la tierra sobre la base del área cultivable.

**Costo de electricidad en O/M:** Como no se dispone de la información acerca del componente de costo de la electricidad, resulta imposible la conversión de cada costo financiero en valores económicos. Existe otro factor de conversión para eliminar la distorsión de los precios a causa de los subsidios. Se aprobó un tratamiento preferencial para Aguas de La Habana en virtud del cual se cobra la tarifa en pesos durante el período de concesión. Dicho tratamiento preferencial se considera como un subsidio del gobierno y se supone que dure hasta el final del período de concesión. El costo económico de la electricidad es superior a su costo financiero. Por tanto, se asumió el factor de conversión del 2.0, lo que significa que el costo económico es dos veces mayor que su costo financiero.

**Tasa de descuento:** El costo de oportunidad del capital representa la tasa económica de retorno permisible, o tasa de descuento para los proyectos de desarrollo. En general se aplica el 10 por ciento como el costo de oportunidad del capital para la evaluación de la viabilidad económica.

### (3) Evaluación del beneficio económico

**Beneficio derivado de los habitantes:** El beneficio total de los habitantes se computó multiplicando la cantidad de viviendas por la VDP. Se estimó la WDP por el mejoramiento del medio ambiente de la bahía mediante la materialización de un proyecto de alcantarillado en 11 pesos por vivienda al mes. Tal VDP de 11 pesos se considera como una VDP general asumiendo que un mejoramiento mayor del medio ambiente de la bahía se produce como resultado de la aplicación del proyecto del plan maestro.

**Beneficio derivado de las industrias:** La VDP de las industrias se estimó a partir de los datos más recientes disponibles acerca de los ingresos de las cuatro empresas de agua y alcantarillado que operan en la Ciudad de La Habana. El ingreso por concepto de servicio de alcantarillado derivado de los usuarios industriales se estimó en alrededor de 2,698 millones de pesos, un 40 % del ingreso total por alcantarillado ascendente a 746 millones de pesos. Un tercio de los usuarios industriales pagan sus cuentas de alcantarillado en divisas.

**Beneficio derivado de los turistas:** La VDP de los turistas se estimó en 2 USD o 2 por ciento del gasto promedio por turista en Cuba. El número de turistas ascenderá a 1,300,000 en el 2011, por lo que la VDP total de los turistas será de 2.6 millones de dólares.



**(4) Evaluación económica**

**Viabilidad económica:** El análisis se realizó a partir de las condiciones previamente explicadas. En la Tabla a continuación se resumen los aspectos fundamentales del análisis.

**Tabla 2.33 Indicadores del análisis económico para el P/M del Sistema de Alcantarillado**

Caso	TERI	C/B	VNP	Observaciones
I: Porción en US\$ solamente	3.4%	0.5	(\$) -20.821	
II: Porción en peso solamente	96.7%	10.3	(P) 330,635	
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	54.6%	4.9	(P) 309,814	
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	7.6%	0.8	(P) -210,707	

Nota: Tasa de descuento: US\$ 10% Pesos 10%

El resultado de la TERI del 7.6 por ciento para la porción combinada de USD/peso según el tipo de cambio 1:26 es inferior a la tasa de descuento del 10 por ciento, lo que significa que quizá el plan maestro no resulte viable desde el punto de vista económico. Sin embargo, un proyecto de alcantarillado como el proyecto del plan maestro por lo general no tiene una TERI elevada. Además, el proyecto del plan maestro se consideraría más bien como un proyecto encaminado a satisfacer necesidades humanas elementales relativas a las condiciones ambientales. En este contexto el proyecto del plan maestro sería recomendable.

**Análisis de sensibilidad:** En la Tabla 2.34 se muestran los resultados del análisis de sensibilidad. Las TERI de referencia serían aquellas computadas para una suma de las porciones en USD y pesos según el tipo de cambio 26:1. La TERI es ligeramente más sensible a los cambios en los ingresos que a los cambios en los costos de construcción. Una disminución, por ejemplo, de un 20 por ciento en los costos de construcción eleva la TERI de base en 2.6 puntos, mientras que un incremento similar reduce la TERI de base en 1.9 puntos. Por otra parte, un aumento del 20 por ciento en los ingresos eleva la TERI de base en 3.1 puntos, mientras que una disminución similar reduce la TERI de base en 3.0 puntos.

**Tabla 2.34 Análisis de sensibilidad económica del P/M del sistema de alcantarillado**

	US\$	Peso	US\$+Peso (Ps1:US\$1)	US\$+Peso (Ps26:US\$1)
Caso base	3.4%	96.7%	54.6%	7.6%
El costo de construcción aumenta en un 20%	2.0%	87.1%	47.6%	5.7%
El costo de construcción disminuye en un 20%	5.3%	109.1%	63.9%	10.2%
Los ingresos disminuyen en un 20%	0.9%	84.8%	45.7%	4.6%
Los ingresos aumentan en un 20%	5.9%	107.0%	62.5%	10.7%

**Otros beneficios económicos:** El proyecto de alcantarillado puede significar otros beneficios, algunos de los cuales los perciben los habitantes como factores que influyen en su VDP, mas algunos otros beneficios no se consideran como tales. Algunos beneficios no son cuantificables por naturaleza, o su valor no se aprecia en toda su magnitud a causa de la carencia de una cantidad razonable de información.

La VDP de los beneficiarios ya se ha cuantificado antes. Ahora se trata de estimar los beneficios de salud derivados de la reducción de la incidencia de diarrea aguda. Additionally, health benefit from having less incidence of acute diarrhea is attempted to estimate.

La Tabla a continuación muestra las pérdidas provocadas por la contracción de diarrea.

**Tabla 2.35 Pérdidas provocadas por la contracción de diarrea**

	Paciente cubano	Paciente extranjero
Examen médico	Cero	US\$30
Medicinas	Ps10	US\$10
Salario promedio mensual	Ps 359 (a)	US\$3,000
Días laborales perdidos	2 días	2 días
Participación en el mercado laboral	42% (b)	40%
Salario perdido ( $\div 30 \times \times$ )	Ps10	US\$80
Costo total ( + + )	Ps20	US\$120

(a) "Informe económico del 2001", Ministerio de Economía y Planificación.

(b) Calculado a partir de datos extraídos del "Anuario estadístico de la Ciudad de la Habana, 2002", Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de la Habana.

Otros datos son cálculos hechos por el Equipo de Estudio.

En la Ciudad de La Habana la incidencia de diarrea aguda ha sido del orden de 250,000 casos al año. Se asume que si un 10 por ciento de la diarrea aguda es atribuible a la deficiente disposición de los excrementos y si tal situación puede resolverse con el proyecto, entonces la reducción de la incidencia sería de 25,000 casos por año. Si se multiplica tal cifra por el costo en el que incurre un paciente cubano, el beneficio económico ascendería a 500,000 pesos anualmente.

### 2.5.9 PROYECTOS PRIORITARIOS PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

En cuanto al Proyecto Prioritario para el Estudio de Factibilidad, se seleccionan aquí los componentes del sistema para el Programa de la Primera Etapa. Los siguientes son componentes del alcantarillado incluidos en el Proyecto Prioritario.

- (1) Aplicación de las medidas necesarias para resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Arroyo Matadero.
- (2) Rehabilitación de las cámaras de rejillas de Caballería.
- (3) Rehabilitación de la estación de bombeo de Casablanca.
- (4) Construcción de la estación de bombeo de Matadero.
- (5) Instalación de la tubería de conexión entre el Colector Cerro y la estación de bombeo de Matadero.
- (6) Instalación del colector a presión y del Colector Sur Nuevo entre la estación de bombeo de Matadero y las cámaras de rejillas de Caballería.
- (7) Instalación del Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.
- (8) Instalación del Colector de la margen izquierda del río Luyanó en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.
- (9) Construcción de instalaciones para el tratamiento biológico secundario de las aguas residuales en el mismo emplazamiento de la PTAR del Proyecto del GEF/PNUD (capacidad de tratamiento de 207 L/s o 17,900 m<sup>3</sup>/d), a saber PTAR Luyanó. La capacidad total de tratamiento ascenderá a 407 L/s o 35,200 m<sup>3</sup>/d.
- (10) Instalación de redes de alcantarillado y conexiones a las viviendas en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo.

Se incluyen asimismo los estudios y trabajos de diseño siguientes:

- (11) Estudio y diseño detallados para resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero.
- (12) Estudio de las condiciones físicas de la estructura del sifón.

## **2.6 RECOMENDACIONES**

### **2.6.1 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE**

El mejoramiento del sistema central de alcantarillado contribuirá de manera continua a la protección de la descarga directa de aguas residuales en la Bahía de La Habana. Sin embargo, el éxito del plan de mejoramiento depende de la solución del problema de las interconexiones que provocan la descarga de aguas residuales en la bahía a través del sistema de drenaje del Dren Matadero y del Dren Agua Dulce.

No se propone en el Plan Maestro de Alcantarillado la construcción de la planta de tratamiento primario de aguas residuales en la Playa del Chivo tomando en consideración la incertidumbre respecto de la necesidad del tratamiento del agua residual para cumplir con las normas de calidad para los efluentes hasta el año 2020, así como la actual disponibilidad limitada de terrenos para aplicar el sencillo proceso de tratamiento de lodos. Se requerirá disponer inevitablemente, no obstante, de las instalaciones para el tratamiento primario de las aguas residuales conjuntamente con un proceso apropiado para el tratamiento de lodos con el fin de cumplir las normas para el efluente. Por tanto, se recomienda que las autoridades cubanas obtengan un terreno lo suficientemente extenso para construir tales instalaciones con la estipulación de revisar las regulaciones o eliminar el control de la regulación relacionada con el uso del terreno como emplazamiento constructivo.

### **2.6.2 DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Para el nuevo esquema de alcantarillado, se propusieron y estudiaron las seis alternativas para seleccionar finalmente el sistema de cuatro zonas, considerando los efectos previstos en el mejoramiento de la calidad del agua en la Bahía de La Habana y el crecimiento máximo de la población de servicio del alcantarillado hasta el año 2020. De los cuatro distritos de alcantarillado, sólo uno, a saber, el distrito Luyanó-Martín Pérez Abajo, se implementará hasta el 2020. Se prevén implementar lo antes posible los restantes tres distritos de alcantarillado, a saber, Luyanó Arriba, Martín Pérez Arriba y Tadeo, después de la aplicación del plan Maestro propuesto.

Como se analizó en el Capítulo 12, los terrenos disponibles para la construcción de las PTAR propuestas constituyen cuestiones esenciales para la selección del plan de desarrollo del alcantarillado más apropiado, y de los procesos adecuados para el tratamiento de las aguas residuales y los lodos tales como los de filtro percolador, zanja de oxidación y lechos de secado que resultan fáciles de operar y más baratos en términos de costo de capital y de O/M. Debido a las dimensiones limitadas del terreno disponible para la construcción de la PTAR Luyanó, se ha de aplicar el proceso convencional de lodos activados con instalaciones para la deshidratación mecánica, el cual requiere de una muy alta tecnología para su funcionamiento y elevados costos de construcción y de operación y mantenimiento.

Para la ejecución de los restantes tres distritos de alcantarillado después de la implementación del Plan Maestro, se recomienda dedicar grandes esfuerzos a la obtención de los terrenos necesarios para la construcción de los procesos apropiados para el tratamiento de las aguas residuales y los lodos en los emplazamientos para las PTAR.

Como alternativa al plan de expansión de la PTAR Luyanó en virtud del proyecto de la segunda etapa del Plan Maestro, se propone conectar el Colector de la margen izquierda del río Luyanó al sistema de colección formado por la estación de bombeo de Matadero, el colector a presión y el Colector Sur Nuevo con provisión del Colector A, para descargar las aguas residuales en el mar. Para poner en práctica esta variante, no obstante, se necesita resolver del todo el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero.

Cuando se ejecute la alternativa de la descarga en el mar para la zona del Colector de la margen

izquierda del Luyanó, el desarrollo de la capacidad de tratamiento de la PTAR Luyanó sólo ha de ser de 207 L/s o 17,900m<sup>3</sup>/d en lugar de 621L/s o 53,700m<sup>3</sup>/d. En tal caso se recomienda la revisión del plan de desarrollo del sistema de alcantarillado, tomando en consideración la posibilidad de unificar los distritos de alcantarillado Luyanó Arriba y Luyanó-Martín Pérez Abajo.

### **2.6.3 MEDIO AMBIENTE ACUÁTICO DE LA BAHÍA**

#### **(1) Monitoreo de la calidad del agua**

El monitoreo de la calidad del agua y de las cargas contaminantes relacionadas con la Bahía de La Habana es de gran importancia: 1) para comprender las condiciones ambientales, 2) para proporcionar datos e informaciones dirigidas al mejoramiento de la proyección futura de la calidad del agua con el empleo del modelo de simulación, 3) para confirmar los efectos de los proyectos relacionados con la reducción de las cargas contaminantes vertidas en la bahía, y 4) para valorar cuándo se requerirá disponer de la planta de tratamiento primario para el Sistema Central de Alcantarillado con el fin de cumplir con las normas estipuladas para la descarga del efluente.

Las cuestiones fundamentales relativas al monitoreo son 1) establecer un sistema de monitoreo de la calidad del agua periódico y unificado, 2) crear una base de datos que abarque todo el medio acuático de la cuenca de la Bahía de La Habana, 3) establecer las reglas, las limitaciones y los procedimientos para compartir los datos y las informaciones entre las autoridades involucradas y posibilitar el acceso del público a tal información, y 4) proporcionar el presupuesto para crear y mantener el sistema de monitoreo recomendado.

#### **(2) Perfeccionamiento del modelo de simulación de la calidad del agua**

La confiabilidad del modelo de simulación de la calidad del agua depende de: 1) los datos sobre el caudal de entrada en la bahía de la carga contaminante monitoreada, y de 2) los datos sobre el medio ambiente acuático de la bahía toda vez que tales datos se emplean para describir el comportamiento del medio acuático en el modelo de simulación. Como la cantidad de datos disponibles es muy limitada, resulta esencial perfeccionar el modelo con la obtención de más datos mediante un monitoreo mejorado.

Aún está por verificarse el comportamiento del sistema acuático de la bahía ante perturbaciones externas, por ejemplo, en caso de reducción de la carga contaminante, a causa de la limitación en cuanto a datos disponibles. El monitoreo de los datos sobre el comportamiento del medio acuático de la bahía con la implementación de los Proyectos Prioritarios proporcionará información útil para perfeccionar el modelo y comprobar sus predicciones, en particular aquellas relacionadas con cualquier tendencia hacia la eutrofización en el futuro.

El perfeccionamiento del modelo de simulación de la calidad del agua desempeñará asimismo un importante papel durante la revisión del Plan Maestro cuando se analice en el futuro la factibilidad de descargar las aguas residuales provenientes de la Zona A de la margen izquierda del río Luyanó en el Sistema Central de Alcantarillado.

#### **(3) Objetivos relativos al medio ambiente acuático**

Las normas para la calidad del agua de la bahía se encuentran en su etapa de preparación. Se necesita finalizar su redacción con el fin de poder establecer una base legal para el mejoramiento de la bahía. La conclusión de tales normas creará un entendimiento común entre las partes interesadas en la protección ambiental de la bahía. Las normas para la calidad del agua han de basarse en los posibles usos futuros de la bahía. Los objetivos relacionados con la calidad del agua establecidos en este estudio deben revisarse mediante el exámen posterior entre las partes. El Plan Maestro de Alcantarillado facilitará tal análisis toda vez que ha delimitado el papel y la contribución del sector del drenaje y alcantarillado en el mejoramiento

del medio ambiente acuático, así como ha definido los costos y los plazos del proyecto. Se incluyó asimismo en este Plan Maestro el papel que desempeña la educación ambiental. El papel y la contribución de otros sectores, por ejemplo el sector marítimo-portuario, el sector industrial, etc. y medidas tales como el dragado de sedimentos han de explorarse en la revisión de los objetivos relativos a la calidad del agua, de conjunto con sus implicaciones en cuanto a costo y tiempo.

#### **2.6.4 OTRAS RECOMENDACIONES**

Con el fin de lograr la pronta ejecución del Plan Maestro, se considera imprescindible la colaboración y la coordinación estrechas no sólo entre el INRH y el GTE, sino también entre el INRH, el GTE, el CITMA, el gobierno de la Ciudad de La Habana, y las autoridades pertinentes.

Como la urbanización es dinámica y se ha expandido hacia la periferia de la ciudad, resulta indispensable revisar y actualizar periódicamente el Plan Maestro. El INRH colaborará estrechamente con la Dirección Provincial de Planificación Física para reflejar los desarrollos urbanos más recientes en el plan de desarrollo por etapas del sistema de alcantarillado. Para lograr plan tal adecuadamente, se programará y llevará a cabo la recopilación continua de datos dentro del INRH, así como cualesquiera otros datos tributados por las autoridades involucradas.

Durante los trabajos para la formulación de los planes de alcantarillado en este Estudio, la disponibilidad de terrenos para la PTAR resultó ser en extremo limitada a causa de los planes o las regulaciones existentes sobre el uso de la tierra, o debido a consideraciones ambientales. Asimismo se explicó la necesidad de aplicar un proceso sofisticado para el tratamiento de las aguas residuales y los lodos que implica costos corrientes elevados cuando la disponibilidad de terrenos para la PTAR es limitada. Por el contrario, cuando se cuente con un terreno de mayores dimensiones para la construcción de la PTAR, entonces se podrá aplicar un proceso de tratamiento sencillo, fácil de operar y con costos inferiores. En este sentido, se sugiere que el INRH, el GTE, y otras instituciones afines intenten adquirir los terrenos apropiados para la construcción de las PTAR, así como revisar los planes y las regulaciones existentes sobre el uso de la tierra.

## PARTE III: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

### 3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el programa de mejoras a largo plazo hasta el año 2020 (Plan Maestro), se han previsto los planes para el mejoramiento y desarrollo del Sistema Central y del nuevo sistema de alcantarillado, así como se han seleccionado las obras prioritarias de desarrollo y mejoramiento para su implementación inmediata en virtud del Proyecto de la Primera Etapa.

El alcance del Informe del EF es preparar los diseños preliminares de ingeniería para los sistemas prioritarios de colección y tratamiento de aguas residuales, así como la realización de estudios de factibilidad con el fin de comprobar que la ejecución del Proyecto de la Primera Etapa sea tanto razonable como factible.

### 3.2 PROYECTO PRIORITARIO

#### 3.2.1 FUNDAMENTOS DE DISEÑO

La Tabla 3.1 muestra la población con servicio de alcantarillado prevista para el 2010 luego de la conclusión de los trabajos para el mejoramiento y el desarrollo del sistema de alcantarillado ejecutados entre el 2006 y el 2010 en virtud de los Proyectos Prioritarios.

**Tabla 3.1 Población cubierta por el Proyecto Prioritario**

Año	2001	2010	PM(2020)
1. Población dentro de la cuenca	703,500	714,100	725,600
2. Población dentro del área cubierta por el Sistema Central de Alcantarillado	433,200	430,600	427,900
3. Población dentro del área que será cubierta por el Desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado con el PM	154,400	158,900	163,600
4. Población dentro del Área Planificada de Alcantarillado con el MP	587,600	589,500	591,500
<b>5. Población meta de servicio cubierta con el Mejoramiento del Sistema Central de Alcantarillado</b>	-	<b>430,600</b>	427,900
<b>6. Población meta de servicio cubierta con el Desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado</b>	-	<b>57,000</b> <b>(82,300)</b>	96,200 (121,500)
<b>7. Población meta de servicio del Proyecto Prioritario</b>	-	<b>487,600</b> <b>(512,900)</b>	138,300 (163,600)

Nota: Las cifras entre paréntesis representan la población cubierta por el Proyecto en ejecución del GEF/PNUD

La Tabla 3.2 muestra las cantidades de agua residual relacionadas con el área del Proyecto Prioritario.

**Tabla 3.2 CANTIDADES DE AGUA RESIDUAL RELACIONADA CON EL PROYECTO PRIORITARIO**  
**Unidad: m<sup>3</sup>/d**

Año	2001	2010	PM(2020)
<b>1. Mejoramiento del Sistema Central de Alcantarillado</b>			
<b>1.1 Generación de agua residual</b>	130,900	<b>138,700</b>	148,200
1) De origen doméstico	72,800	72,350	71,900
2) No doméstico generada por pequeños consumidores	47,650	55,980	65,900
3) No doméstico por grandes consumidores	10,380	10,380	10,400
1.2 Infiltración	17,200	17,100	17,000
<b>1.3 Flujo promedio diario</b>	148,000	<b>155,800</b>	165,200
<b>1.4 Flujo máximo diario</b>	174,200	<b>183,600</b>	194,800
<b>2. Desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo</b>			
<b>1.1 Generación de agua residual</b>	45,400	<b>50,400</b>	56,400
1) De origen doméstico	26,000	26,700	27,500
2) No doméstico generada por pequeños consumidores	17,000	20,700	25,200
3) No doméstico por grandes consumidores	2,400	3,000	3,700
1.2 Infiltración	3,100	3,200	3,300
<b>1.3 Flujo promedio diario</b>	48,500	<b>53,500</b>	59,700
<b>1.4 Flujo máximo diario</b>	57,500	<b>63,600</b>	71,000

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### 3.2.2 REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

En la Tabla 3.3 se resume el plan de mejoramiento propuesto para el sistema central de alcantarillado existente. El mapa general aparece en la Figura 3.1.

**Tabla 3.3 Trabajos propuestos para el mejoramiento del Sistema Central de Alcantarillado como parte del proyecto prioritario**

Aspecto	Plan propuesto	Observaciones
1. Estudios detallados de las interconexiones con el fin de preparar medidas de solución apropiadas.	Realizar estudios detallados con el fin de identificar las interconexiones y preparar medidas de solución para eliminar la descarga directa de aguas residuales en la Ensenada de Atarés a través del Dren Matadero.	
2. Contrucción del Sistema Colector propuesto para la rehabilitación del Colector Sur y de la Estación de Bombeo de Matadero.	<p>Contrucción del sistema colector propuesto: colector a presión de 1,350 mm de diámetro y 1,830 m de longitud, CP, Colector Sur Nuevo de 1,500 mm de diámetro y 1,830 m de longitud, CP, y las tuberías de interconexión entre el Colector Cerro/Colector Sur y la Estación de Bombeo de Matadero : de 1,030/1200mm (HDPE) a 1500mm (CP) de diámetro y 500m de longitud.</p> <p>Construcción de la estación de bombeo propuesta, Q=20 m<sup>3</sup>/min, Altura de bombeo=12 m, tres (3) unidades incluyendo una de reserva. Para la rehabilitación del Colector Sur se instalarán dos bombas adicionales, Q=40 m<sup>3</sup>/min, Altura de bombeo=12 m.</p>	Se rehabilitará el Colector Sur (Diámetro de 1500 a 2100mm, Longitud: 2.78km) durante el proyecto de la segunda etapa.
3. Rehabilitación de las cámaras de rejillas y estudio detallado de la estructura del sifón.	Rehabilitar las cámaras de rejillas (2) de Caballería y realizar estudios detallados de las condiciones físicas de las estructuras del sifón con el fin de preparar planes de rehabilitación.	
4. Rehabilitación de la estación de bombeo de Casablanca.	Sustituir las bombas existentes (Q=1.75 m <sup>3</sup> /s, Altura de bombeo=8 m), 4 unidades incluyendo una de reserva.	

Nota: Diámetro: diámetro interior. CP: tubería centrífuga de hormigón reforzado. HDPE: tubería de polietileno de alta densidad. Se muestran aquí los diámetros interiores y exteriores para la tubería de HDPE.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### 3.2.3 DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE ALCANTARILLADO

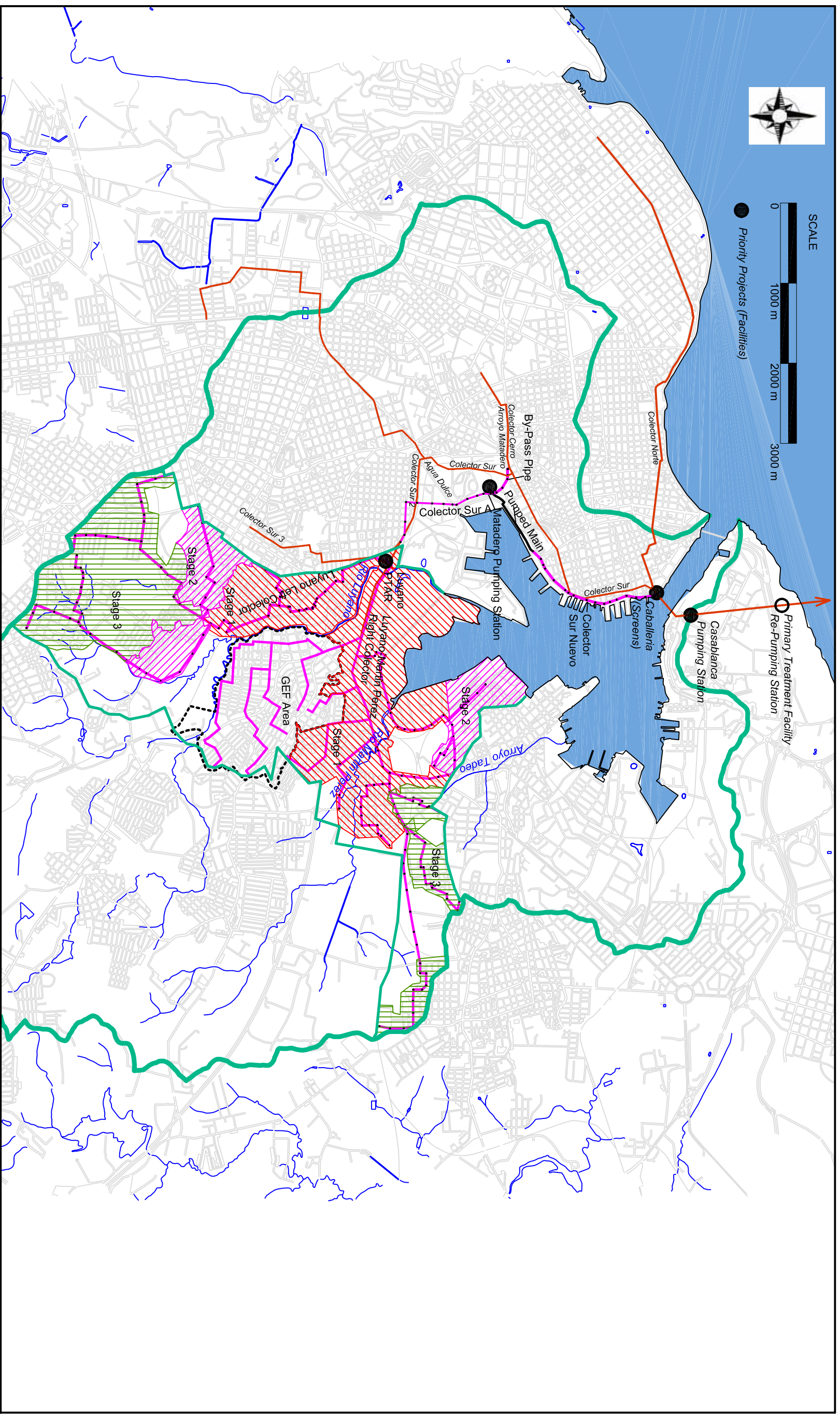
En la Figura 3.1 se muestra asimismo el mapa general del nuevo sistema de alcantarillado propuesto como parte del proyecto prioritario en el distrito de alcantarillado Luyanó-Martín Pérez Abajo sewer district.



**Tabla 3.4 Trabajos propuestos para el Desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado como parte del Proyecto Prioritario**

Aspecto	Plan propuesto	Observaciones
1. Instalación de nuevas redes de alcantarillado	Se instalará un nuevo colector lateral de 216/250 mm de diámetro y de alrededor de 68 km de longitud, HDPE: 54 km para el Colector de la margen derecha de Luyanó-Martín Pérez, y 14 para el Colector de la margen izquierda del Luyanó.	
2. Instalación de nuevos Colectores	<p>Instalación de nuevos Colectores de alrededor de 14 km de longitud, incluyendo un túnel de 4,6 km de largo. Los diámetros nominales de los Colectores oscilarán entre 216/250 mm y 1,030/1,200 mm, HDPE. Se prevé que el diámetro interno de los túneles sea de 1,500 mm.</p> <p>El Colector de la margen derecha de Luyanó- Martín Pérez es de 6,5 km de longitud, incluyendo el túnel de 4 km de largo. El colector de la margen izquierda del Luyanó es de 3,9 km de longitud, incluyendo el túnel de 0,6 km de largo.</p>	Se muestran los diámetros interiores y exteriores para la tubería de HDPE.
3. Construcción de nuevas instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales.	<p>PTAR Luyanó</p> <p>Expansión de la capacidad de tratamiento de 17,900 m<sup>3</sup>/d o 207L/s. La capacidad total ascenderá a 35,200 m<sup>3</sup>/d o 407 L/s.</p> <p>El nivel de tratamiento propuesto será secundario, fundamentalmente remoción de materia orgánica. Concentración de DBO<sub>5</sub> : Afluyente 200 mg/L, Tratada 20 mg/L. Concentración de SS: Afluyente 200 mg/L, Tratada 20 mg/L</p> <p>Los procesos de tratamiento de aguas residuales y de lodos se proponen tomando en consideración la disponibilidad limitada de terrenos y el entorno circundante.</p> <p>Proceso de tratamiento de aguas residuales: Proceso convencional de lodos activados, que comprende el tanque de sedimentación primaria, el tanque de aeración, el tanque de sedimentación final, y los equipos necesarios.</p> <p>Proceso de tratamiento de lodos: Digestión anaeróbica con deshidratación mecánica (prensa de filtro de banda) y relleno sanitario.</p>	<p>Capacidad de 17,300 m<sup>3</sup>/d o 200L/s desarrollada por el Proyecto del GEF/PNUD</p> <p>Se proponen construir las siguientes instalaciones y edificaciones como parte del proyecto del GEF:</p> <p>Instalaciones de tratamiento preliminar (tamices y cámaras del desarenador) caseta de las bombas, edificio administrativo y local de los operadores.</p>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAGE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

Figura 3.1  
Mapa general del Proyecto  
Prioritario Propuesto para la  
cuenca de la Bahía de la Habana

### 3.3 EJECUCIÓN DEL PROYECTO PRIORITARIO

#### 3.3.1 PROGRAMA DE EJECUCIÓN

Se propone el programa de ejecución del Proyecto Prioritario tal y como se muestra en la Figura 3.2.

#### 3.3.2 ESTIMADOS DE COSTO DEL PROYECTO

##### (1) Inversión de capitales

La inversión de capitales se estima con los componentes siguientes.

**Tabla 3.5 Componentes de costo de la inversión de capitales**

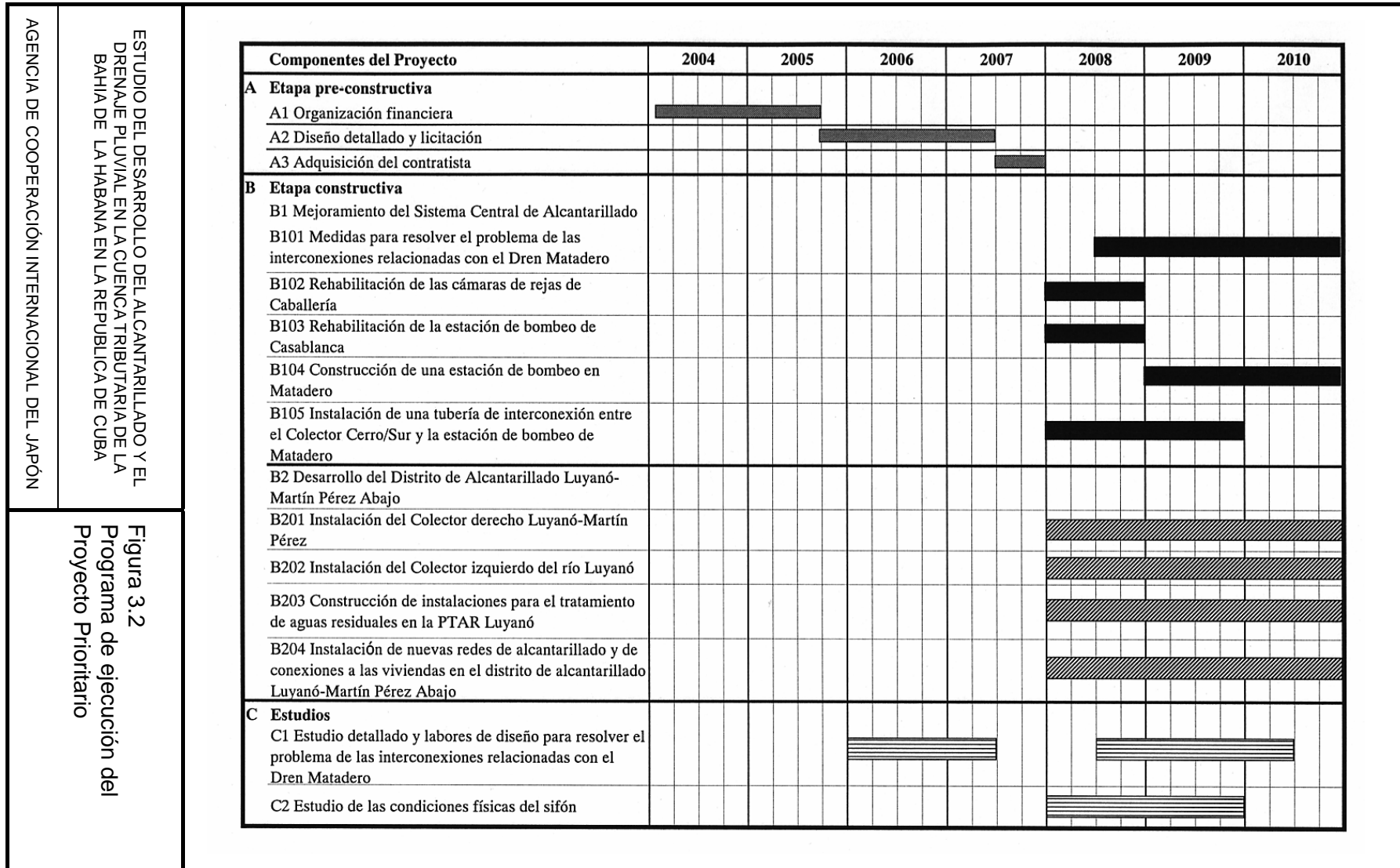
Aspecto	Observaciones
(1) Costo directo de construcción	
(2) Costo indirecto de construcción	
(a) Adquisición de terrenos y compensación	
(b) Gastos administrativos	3% x porción en moneda nacional del (1)
(c) Servicios de ingeniería	10% x Costo directo de construcción de las nuevas obras. 12% x Costo directo de construcción de los trabajos de rehabilitación
(d) Contingencia física	10% del costo directo de construcción total

En la Tabla 3.6 se muestra la inversión de capitales necesaria a precios del 2003 para el proyecto prioritario.

**Tabla 3.6 Inversión de capitales para el Proyecto Prioritario**

Unidad: MLC(x1000US\$), MN(x1000Pesos)

Aspecto	Mejoramiento del Sistema Central de Aicantarillado		Desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado (Luyanó-Martín Pérez Abajo) System		Total	
	MLC	MN	MLC	MN	MLC	MN
1. Colectores	6,619	4,411	23,964	15,976	30,583	20,387
2. Sistema de bombeo	5,669	2,935	0	0	5,669	2,935
3. PTAR	0	0	6,891	3,273	6,891	3,273
<b>Costo directo total</b>	<b>12,288</b>	<b>7,346</b>	<b>30,855</b>	<b>19,249</b>	<b>43,143</b>	<b>26,595</b>
1. Adquisición de terrenos y compensación	0	0	0	0	0	0
2. Gastos administrativos	0	220	0	577	0	797
3. Servicios de ingeniería	1,352	810	3,086	1,925	4,438	2,735
4. Contingencia física	1,229	735	3,086	1,925	4,315	2,660
<b>Costo indirecto total</b>	<b>2,581</b>	<b>1,765</b>	<b>6,172</b>	<b>4,427</b>	<b>8,753</b>	<b>6,192</b>
<b>Costo total de capital a los precios del 2003</b>	<b>14,869</b>	<b>9,111</b>	<b>37,027</b>	<b>23,676</b>	<b>51,896</b>	<b>32,787</b>



AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 3.2  
Programa de ejecución del Proyecto Prioritario

**(2) Costo de O/M**

El costo de O/M para las instalaciones de alcantarillado propuestas comprende los componentes siguientes: 1) Costo de personal, 2) Costo de electricidad, y 3) Costo de los productos químicos. En la Tabla 3.7 se resume el costo de O/M.

**1) Costo de personal**

El costo de personal se calcula en pesos cubanos. El costo de la unidad se basa en el costo real necesario para cada clase de trabajador. El costo de personal se estima para el personal propuesto necesario para la construcción, la operación y el mantenimiento de las instalaciones de alcantarillados propuestas.

**2) Costo de electricidad**

El costo por concepto de electricidad se calcula en pesos cubanos. El costo de electricidad se calcula para la estación de bombeo de Casablanca, la estación de bombeo Matadero y la planta de tratamiento de aguas residuales Luyanó. El costo de electricidad necesario depende del volumen de agua residual bombeado que se calcula a partir de la suposición de la cobertura del alcantarillado.

**3) Costo de los productos químicos**

El costo de los productos químicos se calcula a partir del volumen de tales sustancias necesario para la deshidratación del lodo producido en la PTAR Luyanó por las instalaciones de deshidratación mecánica. Como dichos productos químicos son de exportación, su costo se calcula en dólares estadounidenses.

Tabla 3.7 Costo anual de operación y mantenimiento del Proyecto Prioritario

Año	Costo anual de personal (x 1,000 Pesos)						Costo anual de electricidad (x 1,000 Pesos)					Productos químicos	Costo total de O/M	
	Sede	Mejoras del Sistema Central			PTAR Luyanó	Total	Mejoras del Sistema Central			PTAR Luyanó	Total	Costo (x 1,000 USD)	Pesos x 1,000	USD x 1,000
		EB Matadero	EB Casablanca	Sub-total			EB Matadero	EB Casablanca	Sub-total			PTAR Luyanó		
2011	540	73	107	180	145	865	53	180	233	44	277	17	1,142	17
2012	540	73	107	180	145	865	53	180	233	51	284	33	1,149	33
2013	540	73	107	180	145	865	53	180	233	56	289	46	1,154	46
2014	540	73	107	180	145	865	53	180	233	59	292	54	1,157	54
2015	540	73	107	180	145	865	53	180	233	63	296	62	1,161	62
2016	540	73	107	180	145	865	53	184	237	85	322	67	1,187	67
2017	540	73	107	180	145	865	53	184	237	87	324	71	1,189	71
2018	540	73	107	180	145	865	53	184	237	89	326	75	1,191	75
2019	540	73	107	180	145	865	53	184	237	91	328	79	1,193	79
2020	540	73	107	180	145	865	53	184	237	93	330	83	1,195	83
2021	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2022	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2023	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2024	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2025	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2026	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2027	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2028	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2029	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2030	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2031	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2032	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2033	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2034	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83
2035	540	73	107	180	145	865	53	187	240	104	344	83	1,209	83

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

### 3.3.3 ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES

En esta sección se hacen recomendaciones para el fortalecimiento institucional, donde se creyó necesario, con el fin de coadyuvar al perfeccionamiento de las operaciones futuras tanto en el sector del suministro de agua y alcantarillado como en el sector ambiental relacionado con la Bahía de La Habana.

#### (1) Fortalecimiento institucional

Los estudios posteriores se beneficiarían con una clara delimitación de las responsabilidades, el suministro oportuno de información, la autorización para visitar todos los lugares necesarios y la recopilación de información esencial coherente con los procedimientos generales de los proyectos internacionales.

Con el fin de continuar tal fortalecimiento institucional, los planes de ejecución para el Proyecto Prioritario han de contar con una organización institucional que garantice la coordinación entre todas las partes involucradas, pero sin necesidad de comités demasiado numerosos que conlleven a ineficiencias.

#### 1) GTE

El GTE es una entidad interministerial e intersectorial que coordina fundamentalmente a ministerios sectoriales como el MINTRANS, el sector ambiental (CITMA) y los intereses territoriales a través de la Asamblea Provincial del Poder Popular de la Ciudad de La Habana (CAP). El GTE será la autoridad ambiental para toda la cuenca hidrográfica y tributaria de la Bahía de La Habana. Existen planes para convertir al GTE en una organización permanente mediante una enmienda al Acuerdo 3330.

Los recursos humanos y la capacidad financiera del GTE deben mejorarse para ajustarse a las crecientes responsabilidades de esta institución. Las áreas específicas relacionadas con los Trabajos Prioritarios son el monitoreo y la educación ambientales.

En lo que respecta al monitoreo ambiental, el GTE ha tomado nota de las recomendaciones incluidas en la sección de este informe relativa al Plan Maestro y aplicará las propuestas en su totalidad con el transcurso del tiempo. Hasta el momento las restricciones financieras han limitado el muestreo y el análisis de las muestras. Sería aconsejable que el GTE solicitara el financiamiento necesario al Gobierno de Cuba o lo obtuviera de fuentes externas para un proyecto más modesto que garantice la aplicación en la actualidad del programa recomendado de muestreo y monitoreo.

La capacidad del GTE para expandir su programa de educación ambiental se ha fortalecido gracias a este Estudio con la producción de un segundo video y la impresión de dos manuales, uno para el programa dirigido a la comunidad y a las escuelas, y otro para el programa del INRH. La aplicación de este programa de educación ambiental ha de comenzar inmediatamente. No obstante, si los recursos humanos y/o financieros resultan insuficientes a la hora de aplicar el programa, entonces el GTE podría considerar la posibilidad de buscar el financiamiento necesario a través de entidades internacionales.

#### 2) INRH

el INRH ha sido capaz de operar con éxito en la Ciudad de La Habana a través de su Delegación Provincial (DPRH). El INRH posee asimismo la capacidad para regular y controlar las actividades de operación y mantenimiento de las empresas de agua y alcantarillado de la Ciudad de La Habana. No obstante, las Obras Prioritarias para la nueva zona del alcantarillado derivadas de este estudio han de incrementarse con la instalación de colectores primarios y entronques desde las viviendas hasta el sistema de alcantarillado, y tales trabajos será responsabilidad del Gobierno de Cuba a través del INRH y quizás de la entidad operadora

Aguas de La Habana en dependencia de los términos y las condiciones del acuerdo de concesión.

Tanto los recursos humanos como los financieros han de planificarse cuidadosamente cuando se requiera emprender tal trabajo. Se recomienda la revisión del Acuerdo de Concesión con Aguas de La Habana a la luz de tales necesidades.

### **3) Aguas de la Habana**

Cuando se extienda la zona de servicio de Aguas de La Habana, la empresa será la única operadora de las instalaciones previstas en este proyecto. Por consiguiente, Aguas de La Habana tendrá a su cargo la administración, la operación y el mantenimiento. Como empresa mixta que opera en virtud de un acuerdo de concesión con el INRH hasta el 2025, se podrá contar con la experiencia y capacidad de Aguas de Barcelona durante el Proyecto Prioritario para la rehabilitación y expansión del sistema de alcantarillado.

### **4) CITMA**

Existen dos áreas que necesitan considerarse, a saber, la capacidad institucional para la coordinación entre las diversas entidades con el propósito de lograr una gestión eficaz, y el cumplimiento, la modernización y el completamiento de la legislación ambiental.

Existen deficiencias que han de analizarse en la formación de la capacidad institucional para fortalecer las posibilidades del CITMA respecto del monitoreo de los planes para la protección del medio ambiente que las entidades deben trazar e implementar.

Con respecto a la legislación ambiental, la falta de observancia se debe fundamentalmente a razones económicas y no a la carencia de capacidad institucional. En la medida en que crezca la economía y/o la disponibilidad de financiamiento externo, aumentará también la capacidad para hacer cumplir las leyes.

#### **(2) Organización institucional para la ejecución del proyecto**

A causa del relativamente elevado costo de inversión de capital de las obras de construcción y rehabilitación derivadas de este Plan Maestro y del Estudio de Factibilidad para las Obras Prioritarias, se asume que se necesitará financiamiento internacional y que todos los consultores y contratistas extranjeros participarán en el diseño y la construcción.

Para el control de los proyectos en Cuba resultará necesario, por tanto, involucrar a aquellos ministerios relacionados con la inversión extranjera, a las instituciones del sector ambiental, y al sector del agua y del alcantarillado en la Ciudad de La Habana.

#### **1) Estructura institucional del proyecto**

Al comienzo del proyecto se recomienda la creación de un comité supervisor que represente a todas las entidades y organismos pertinentes. En la Figura 3.3 se muestran la estructura del Comité Supervisor, así como su papel y responsabilidades. Las siguientes entidades compondrán el Comité Supervisor:

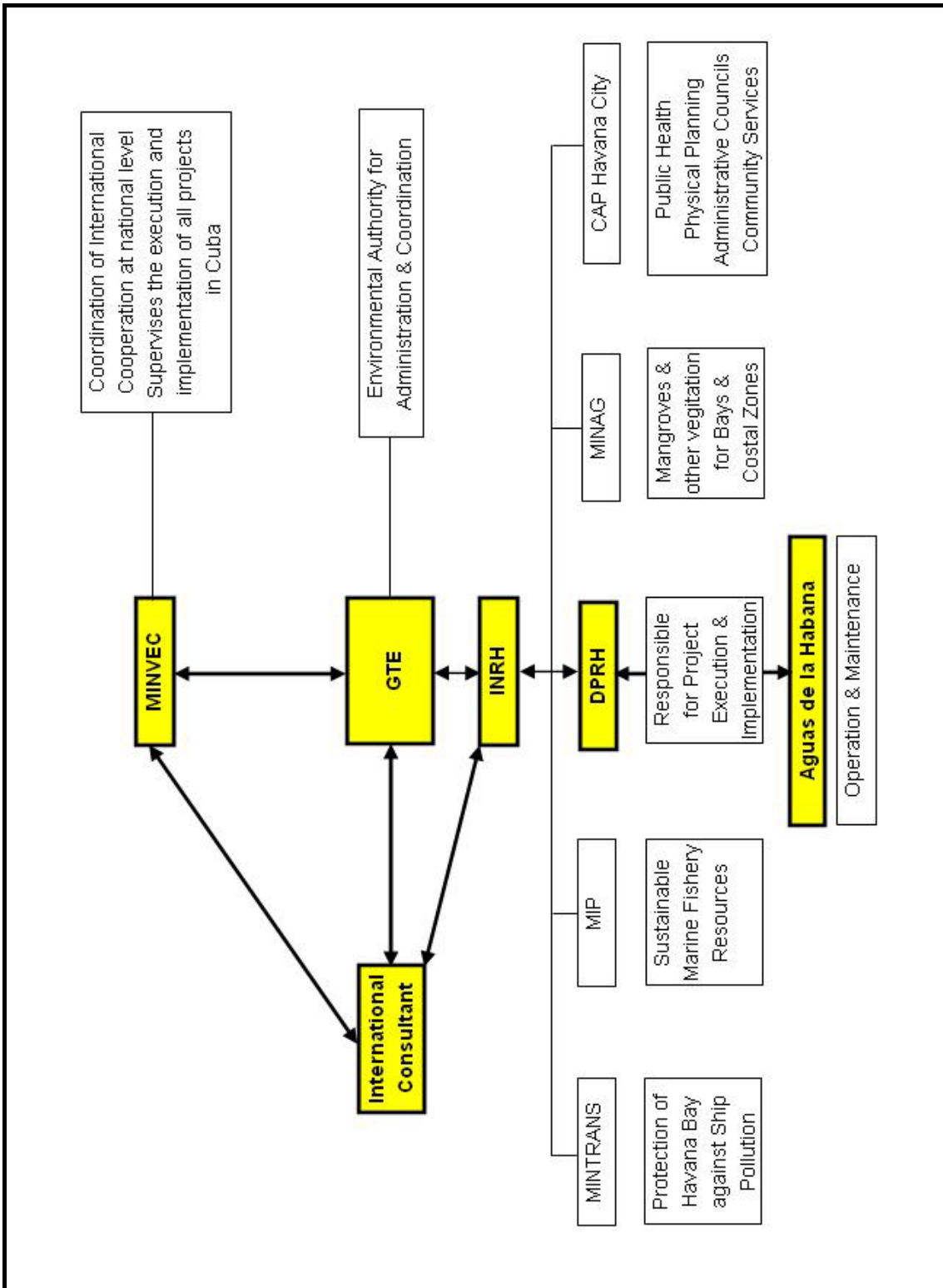
- MINVEC
- GTE
- INRH (DPRH)
- Consultor internacional
- Aguas de la Habana

Para la coordinación del proyecto a nivel nacional, el MINVEC es el ministerio del gobierno central responsable de la coordinación de la colaboración y, por tanto, supervisa la ejecución e implementación de todos los proyectos internacionales en Cuba.



Para la administración del proyecto, el GTE se está constituyendo como la autoridad ambiental para la Bahía de La Habana y, por consiguiente, ha de desempeñar un papel preponderante en la coordinación a nivel local y provincial una vez que el proyecto entre en la etapa de implementación.

La estructura del GTE tiene vínculos estrechos con todas las entidades y organismos relacionados con los asuntos ambientales de la Ciudad de La Habana, la Bahía de La Habana, y en particular con su cuenca hidrográfica y tributaria. Será necesario actualizar la información acerca de la calidad del agua y el crecimiento y movimiento de la población en la cuenca de la bahía. Tal información puede ser proporcionada directamente por el GTE o a través de su Comité Técnico. En la actualidad el Comité Técnico se compone de doce onstituciones de la administración central del Estado.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.3 Estructura institucional del Proyecto. Comité Supervisor propuesto

En la siguiente lista se enumeran tales entidades:

- MINTRANS                    CIMAB; SAMARP; y DSIM
- MININT                      Capitanía del Puerto de La Habana
- MIP                            Dirección para Regulaciones Pesqueras
- INRH                          DPRH
- CAP                            Direcciones Provinciales de Servicios Comunitarios; Salud Pública y Planificación Física. Consejos de la Administración de Habana Vieja, Regla, y Habana del Este

Toda vez que este será un proyecto de diseño y construcción en el sector del suministro de agua y del alcantarillado, una entidad muy importante será el INRH que representará al gobierno central como el propietario final de los nuevos activos. Para la supervisión de este proyecto se recomienda que la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de la Ciudad de La Habana represente al INRH.

Aguas de La Habana será responsable de la operación y el mantenimiento de las obras nuevas y rehabilitadas. Esta empresa ha de incluirse en la etapa de planificación del proyecto, en particular si tomamos en consideración la prolongada rehabilitación de las instalaciones existentes.

## 2) Diseño y supervisión de las construcciones

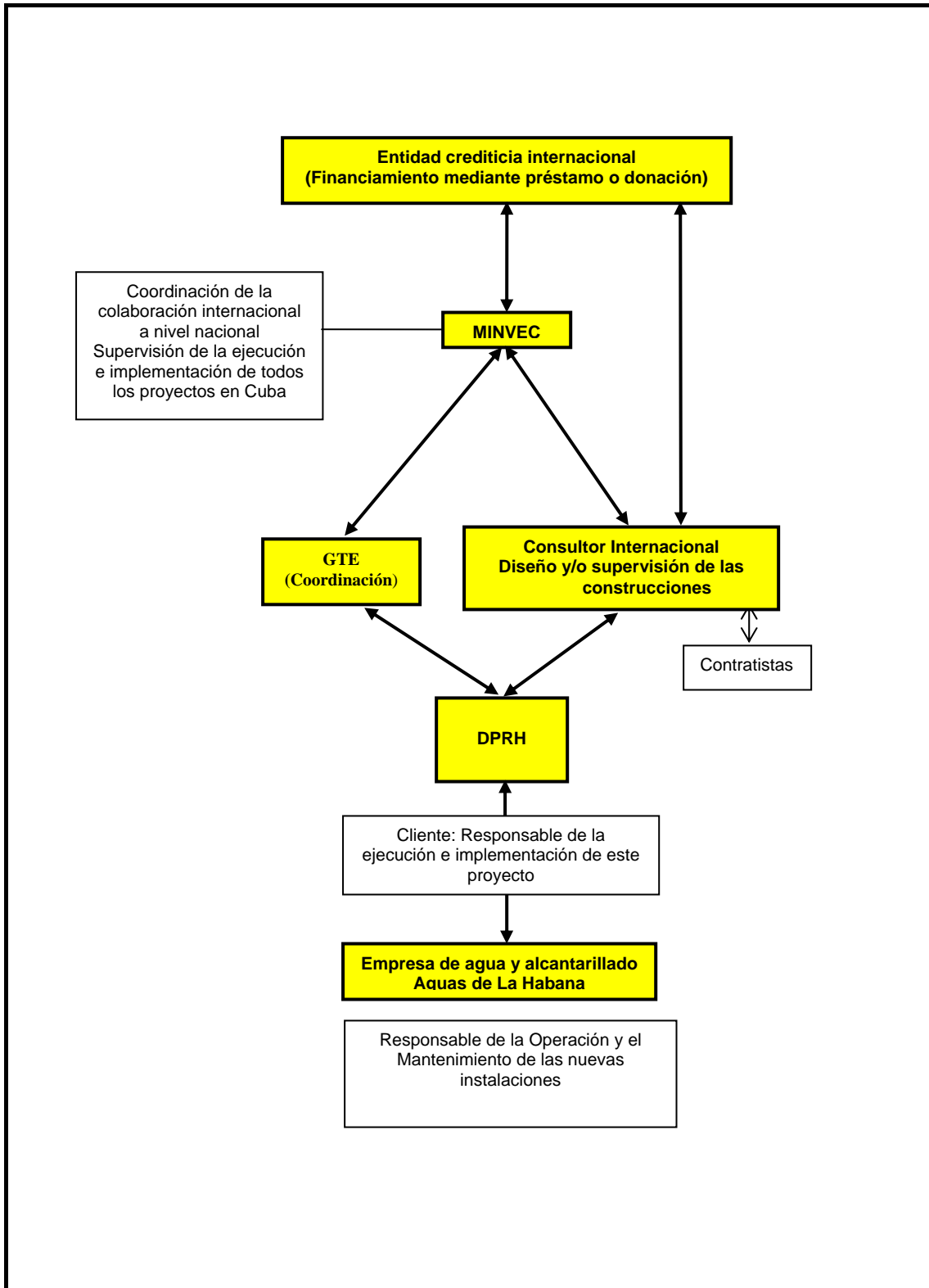
Los préstamos y/o las donaciones de las entidades internacionales se canalizarán a través del MINVEC. En dependencia del sistema de préstamos/donaciones del proyecto del país donante, el Consultor Internacional contactará directamente o a través del MINVEC con respecto del financiamiento y otros asuntos afines.

Teniendo en cuenta el papel del GTE como la autoridad ambiental para la cuenca de la bahía y su relación con muchas entidades pertinentes, el GTE puede de nuevo desempeñar un papel importante como coordinador. Sin embargo, ya que este es un proyecto de construcción todos los asuntos técnicos que son responsabilidad del Consultor Internacional han de tratarlos la DPRH que será la responsable del proyecto en su calidad de cliente.

El papel de Aguas de La Habana variará en dependencia del acuerdo de concesión con el INRH. Como se expresó antes en este informe, tal Acuerdo de Concesión ha de revisarse antes del comienzo de las Obras Prioritarias tomando en cuenta la incorporación de los nuevos activos que serán operados y mantenidos, las consecuencias financieras, y la interrupción de los servicios que pueda provocar la construcción de las obras, en particular la amplia rehabilitación del Sistema Central de Alcantarillado.

Un sistema que puede adoptarse es hacer que la entidad operadora sea responsable de algunos de los contratos, en lugar del INRH, si tal situación fuera beneficiosa para todas las partes y posible de acuerdo con las regulaciones del país donante. Por ejemplo, en este caso específico puede ser mejor responsabilizar a Aguas de La Habana en su carácter de “Cliente” con todos los contratos de rehabilitación tomando en consideración el vínculo estrecho necesario para minimizar las interrupciones al sistema de alcantarillado.

En la [Figura 3.4](#) se muestra la estructura organizativa recomendada para el diseño técnico y la supervisión de las construcciones.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 3.4 Organización institucional propuesta para el diseño y la supervisión de las construcciones.

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

## 3.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

### 3.4.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

El Proyecto Prioritario contribuirá al mejoramiento del medio ambiente acuático de la Bahía de La Habana. Las mejoras en el actual sistema central de alcantarillado coadyuvarán a la descontaminación de la zona más deterritorada de la bahía, a saber, la Ensenada de Atarés. Con el desarrollo de un nuevo sistema de alcantarillado, por otra parte, se colectarán y tratarán las aguas residuales generadas en la zona más densamente poblada de los ríos Luyanó y Martín Pérez, lo que repercutirá en el mejoramiento del medio acuático de la Ensenada de Guasabacoa.

El Proyecto Prioritario se basa en la utilización plena tanto del sistema de alcantarillado existente como del nuevo sistema de alcantarillado con el objetivo de reducir eficazmente las cargas contaminantes que se vierten en la Bahía de La Habana. El proyecto proporcionará instalaciones renTables de colección y tratamiento de aguas residuales para dar servicio al área urbana más densamente desarrollada y seriamente degradada de la cuenca de la Bahía de La Habana, y zonas circundantes, compatibles con una estrategia a largo plazo para servir toda el Área.

Se evaluó cada uno de los componentes del sistema de alcantarillado, y se confirmó su idoneidad y viabilidad para la aplicación:

(1) Sistema de colección de aguas residuales: el nuevo sistema de alcantarillado está diseñado en principio para conducir por gravedad las aguas residuales, reduciendo al máximo las necesidades energéticas para bombear el agua residual. El Colector Sur, uno de los más importantes del Sistema Central de Alcantarillado, ha estado en explotación durante más de 90 años y su capacidad es insuficiente debido a su pendiente demasiado baja. Se propone rehabilitar el Colector para aumentar su confiabilidad con la instalación del nuevo sistema de colección, que comprende la estación de bombeo de Matadero, el colector a presión y el Colector Sur Nuevo. El sistema de colección propuesto y el Colector Sur rehabilitado contribuirán sin dudas a la reducción de las cargas contaminantes que se vierten en la bahía al posibilitar la descarga en el mar uan vez que se resuelva del todo el problema de las interconexiones en la cuenca receptora del Dren Arroyo Matadero.

(2) Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR): Debido a la limitada disponibilidad de terrenos apropiados para la PTAR Luyanó, se seleccionó el proceso convencional de lodos activados. Tal proceso conlleva una alta tecnología y elevados costos, mas se prevé altos rendimientos en la reducción de las cargas contaminantes. El lodo generado, después de estabilizarse en el digestor anaeróbico, será deshidratado mecánicamente con la prensa de filtro de banda, que es relativamente fácil de operar y cuyos costos son inferiores en comparación con otros equipos de deshidratación mecánica.

(3) Operación y mantenimiento: Se carece de experiencia en la operación y el mantenimiento del proceso propuesto para el tratamiento de las aguas residuales. No obstante, como parte del proyecto del GEF/PNUD se construirán instalaciones para el tratamiento de aguas residuales con anterioridad al proyecto propuesto. Por tanto, la experiencia y la práctica acumuladas durante la operación de las instalaciones del proyecto del GEF/PNUD facilitarán operar adecuadamente las instalaciones de tratamiento propuestas. La amplia capacitación del personal garantizará asimismo la operación y el mantenimiento adecuados.

(4) Adquisición de terrenos y derechos: Los colectores y las estaciones de bombeo se construirán dentro de reservas de carreteras o en terrenos propiedad del gobierno. El sitio para la construcción de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales del Proyecto Prioritario se obtendría junto con el sitio para el emplazamiento de la PTAR Luyanó. Se escogió un terreno vacío de manera tal que no se requerirá reubicar personas. Los impactos ambientales adversos podrían minimizarse con la aplicación de medidas de prevención/mitigación.

### 3.4.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

#### (1) Análisis financiero

##### 1) Metodología, condiciones y supuestos

La metodología y las condiciones y los supuestos fundamentales son los mismos que los del plan maestro de alcantarillado.

Los beneficios principales del proyecto son los ingresos derivados del cobro del servicio de alcantarillado en las zonas cubiertas y las contribuciones de los turistas que visitan la Ciudad de La Habana. Los beneficios se determinan como la diferencia entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto. En la Tabla a continuación se resumen la cantidad de usuarios y las tarifas de alcantarillado asumidas para el cálculo de los ingresos. La Tabla incluye asimismo la contribución de los turistas extranjeros que visitan la ciudad.

**Tabla 3.8 Tarifas de alcantarillado y contribución de los turistas extranjeros**

	Aspecto	2002	2004	2006	2011
1.	Usuarios domésticos				
1.1	Tarifa de alcantarillado (Peso/persona/año)	5	6	12	36
1.2	Población servida		860,000	=====→	1,000,000
2.	Entidades estatales y clientes institucionales				
2.1	Tarifa de alcantarillado (Peso/clientes/año)	150	180	360	900
2.2	Número de clientes con el alcantarillado existente	10,581	11,000	11,000	11,000
2.3	Número de clientes con el nuevo alcantarillado	Un cliente /39 residentes			Un cliente/13 residentes
3.	Clientes con ingresos en divisas				
3.1	Tarifa de alcantarillado (US\$/cliente/año)	* 220	270	365	495
3.2	Clientes	* 4,066	4,500		
4.	Turistas extranjeros				
4.1	Porcentaje de contribución (US\$/cliente)	-	-	-	2
4.2	Número de turistas	959,000			1,300,000

Nota: \* Las cifras se refieren a promedio de clientes en el 2001 y en el 2002.

##### 2) Resultados del análisis financiero

Se realizó el análisis financiero a partir de las condiciones y los supuestos. A continuación se resumen los principales resultados del análisis.

**Viabilidad Financiera:** Las TFRI, los VNP y las C/B dieron valores altos y positivos en todas las porciones y de acuerdo con todos los tipos de cambio. Tales resultados indican que los ingresos obtenidos por el cobro a los clientes del servicio de alcantarillado y las contribuciones pagadas por los turistas son suficientes para cubrir los costos de construcción y los costos de O/M del proyecto. Por consiguiente, el proyecto se considera financieramente viable en las circunstancias supuestas.

**Tabla 3.9 Resultados de los indicadores financieros de cada caso de análisis del flujo de efectivo**

Caso	TFRI	C/B	VNP	Observaciones
I: Porción en US\$ solamente	5.2%	0.9	(\$) -3.393	
II: Porción en pesos solamente	51.0%	7.6	(P) 175,413	
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	28.1%	3.6	(P) 172,020	
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	7.3%	1.1	(P) 87,185	

Nota: Tasa de descuento : US\$ 6% Pesos 8%

**Análisis de sensibilidad:** Se realizó un análisis de sensibilidad en el que se seleccionaron el costo de construcción y los ingresos como parámetros claves. En la Tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos.

Las TFRI de referencia serían aquellas calculadas para una suma de las porciones en dólares y en pesos según los tipos de cambio de 1:1 y de 26:1. Las TFRI son sensibles a las variaciones tanto del costo de construcción como de los ingresos. Un aumento del 20% en el costo de construcción reduce la TFRI de base en un 1.5 %. Un descenso del 20 % en los ingresos reduce la TFRI de base en un 1.9 %. En tales casos adversos, las TFRI se mantienen por encima del 5%, lo que se considera un porcentaje positivo.

**Tabla 3.10 Análisis de sensibilidad financiera del Proyecto Prioritario**

	US\$	Peso	US\$+Peso (Ps1:US\$1)	US\$+Peso (Ps26:US\$1)
Caso base	5.2%	51.0%	28.1%	7.3%
El costo de construcción aumenta en un 20%	3.8%	45.2%	24.4%	5.8%
El costo de construcción disminuye en un 20%	7.1%	58.9%	33.2%	9.4%
Los ingresos disminuyen en un 20%	3.5%	43.6%	23.5%	5.4%
Los ingresos aumentan en un 20%	6.7%	57.7%	32.4%	9.0%

**Proyección del pago del préstamo:** El proyecto prioritario conllevará grandes gastos por parte de la agencia ejecutora. El flujo de efectivo del proyecto indica que se necesita una fuerte inversión de capital en la fase inicial. Una vez que las instalaciones rehabilitadas o las nuevas instalaciones comiencen a funcionar el flujo de efectivo deja de estar en números rojos y se mantiene positivo durante la vida del proyecto.

En el año 2003 no se posee aún la certeza que el gobierno local pueda asignar el financiamiento para el proyecto. La posibilidad de que Cuba solicite un préstamo a las instituciones financieras multilaterales o bilaterales es igualmente limitada. Evidentemente a Cuba no resulta fácil obtener una subvención para un proyecto de tal magnitud.

En estas circunstancias se examinó un caso como ejemplo para obtener préstamos a las actuales tasas de interés disponibles y el pago de dicho préstamo. Se realizó un cálculo de prueba para el pago de un préstamo en dólares a una tasa de interés del 6 por ciento p.a y un período de pago del préstamo de 30 años con una gracia de 10 años. Se simuló asimismo un cronograma de pago de un préstamo en pesos a una tasa de interés del 8 por ciento y un período de pago del préstamo de 25 años con una gracia de 5 años. Las proporciones por encima de 1.0 a lo largo del

período de pago del préstamo indican que la agencia ejecutora puede perfectamente pagar los préstamos en las circunstancias supuestas.

## (2) Evaluación financiera

El resultado es que el proyecto prioritario es considerablemente atractivo a la luz de su solidez financiera. Las TFRI se calcularon al 5.2 por ciento para la porción en dólares estadounidenses, 51.0 para la porción en pesos cubanos, 28.1 para la combinación de dólares y pesos según el tipo de cambio de 1:1, y 7.3 por ciento para la misma combinación según el tipo de cambio 1:26. El 28.1 por ciento es una cifra extremadamente elevada, y el 7.3 por ciento es la cifra aceptable inferior como proyecto auto sostenible. De hecho, sería demasiado conservador evaluar el proyecto prioritario si se aplicara estrictamente el tipo de cambio de 1:26. Por tanto, la TFRI de 7.3 por ciento sería financieramente satisfactoria.

Cuando se evalúa la solidez de un proyecto a través de indicadores financieros, resulta natural que influyan las premisas y supuestos aplicados en el cálculo de tales indicadores. Aunque tratamos de ser conservadores al emplear dichos supuestos, algunos pueden parecer todavía optimistas. Por consiguiente, las justificaciones para los supuestos principales se examinan a continuación.

**Tipo de cambio:** Resulta en extremo difícil prever los tipos de cambio futuros. El tipo de cambio oficial de 1:1 existe sencillamente por razones de conveniencia del sistema conTable. El tipo de cambio no oficial pero legal de 1:26 se emplea en la actualidad exclusivamente para transacciones personales. Si se aplicara realmente este tipo de cambio de 1:26 al cálculo del cambio extranjero del proyecto prioritario, se afectaría el mercado cambista por el enorme flujo de divisas que se produciría, y que influiría en la apreciación del peso en relación con el dólar estadounidense. Como resultado, el tipo de cambio no sería jamás el mismo. En virtud de las incertidumbres existentes en el mercado de cambio extranjero, de aplicarse el tipo de cambio de 1:1, la situación se consideraría como la más favorable para la agencia ejecutora. En otras palabras, la situación más desfavorable sería la aplicación del tipo de cambio de 1:26. Esperamos que se aplique un tipo de cambio intermedio entre ambas situaciones.

**Tarifa de alcantarillado para usuarios domésticos:** Aunque un incremento de seis veces en siete años pueda parecer poco realista, resulta justificable. La actual cuenta de alcantarillado de 6 pesos por persona al año puede convertirse aproximadamente en 2 pesos por vivienda al mes. Teniendo en cuenta que el ingreso promedio mensual por hogar asciende a 760 pesos, los 2 pesos representan sólo el 0.26 por ciento de tales ingresos. Incluso después del incremento en seis veces, la cuenta del alcantarillado de 12 pesos representará el 1.58 por ciento del ingreso del hogar, cantidad que se mantiene aún dentro de los límites empíricos. A propósito, no se considera aquí un incremento real del ingreso del hogar que probablemente ocurra durante la vida del proyecto.

**Tarifa de alcantarillado para entidades estatales y clientes institucionales:** Las tarifas asumidas resultan ser un incremento de cinco veces en siete años. Comparadas con el aumento de la tarifa para usuarios domésticos ascendente a seis veces en siete años, tal incremento es aún inferior.

**Tarifa de alcantarillado para personas con ingresos en divisas:** Un incremento del 83 por ciento en siete años es pequeño comparado con el aumento de la tarifa para usuarios domésticos (500%) y para entidades estatales (400%).

**Contribución de los turistas extranjeros:** La contribución de 2 dólares representa un 0.2 por ciento del gasto promedio de un turista en Cuba, el cual se considera bajo si se compara con la mayoría de los costos por concepto de entretenimiento pagados por los turistas. Se supone que la cantidad de turistas que visiten La Habana se eleve de 959,000 en el 2002 a 1.3 millones en el 2011, lo que constituirá un incremento del 36 por ciento en nueve años. La Habana ya fue



testigo de un aumento del 47 % del número de turistas en tres años, entre 1997 (649,000) y el 2000 (951,000).

**Proyección del pago del préstamo:** La simulación del préstamo y del pago de los préstamos, así como los cambios en las proporciones entre la deuda y la cobertura del servicio de la deuda indican que el proyecto puede financiarse con el cobro de las tarifas de alcantarillado y de las contribuciones de los turistas, excepto durante la fase inicial de construcción. En las situaciones prevalecientes en el 2003, la posibilidad de que el gobierno solicite un préstamo a instituciones financieras bilaterales o multilaterales es incierta. La obtención de un préstamo para la magnitud del proyecto no resulta fácil. Es esencial que el gobierno central asigne el financiamiento para el proyecto durante el período inicial de construcción.

### 3.4.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

#### (1) Análisis económico

Se aplicó el método del flujo de efectivo descontado. Se calcularon igualmente los mismos tres indicadores, esto es, el valor neto presente (VNP), la proporción costo-beneficio(C/B), y la tasa económica de retorno interno (TERI).

##### 1) Evaluación económica del costo/beneficio

Las condiciones y los supuestos aplicados para estimar los costos y los beneficios económicos del Proyecto Prioritario son en principio los mismos que para el P/M.

**Terrenos:** Se empleó para el supuesto la misma estructura que para el plan maestro. Para el proyecto prioritario se requieren dos terrenos, a saber, para la PTAR Luyanó y para la estación de bombeo de Matadero. El valor de la unidad económica de los terrenos es de 210,528 pesos toda vez que la tenencia de la tierra dura hasta el 2040. Por tanto, los valores de la tierra en el 2008 se calculen en 442,108 pesos para la PTAR Luyanó y 21,053 pesos para la estación de bombeo de Matadero.

**Tasa de descuento:** Se aplica el 10 por ciento para valorar la viabilidad económica.

**Beneficio de los habitantes:** El beneficio agregado para los habitantes se calculó multiplicando la cantidad de viviendas por la voluntad de pago (VDP). La VPP por un entorno de la bahía menos contaminado a través de la implementación de un proyecto de alcantarillado se estimó a 11 pesos por casa al mes (Sección 13.9.2 de la Parte I). En la encuesta realizada a la población no se hizo distinción entre el proyecto del plan maestro y el proyecto prioritario. Por tanto, la VDP de 11 pesos se considera como una VDP general asumiendo que una mejora más amplia del entorno de la bahía se materializará como resultado del proyecto del plan maestro. Al estimar la VDP para el proyecto prioritario, tal VDP general se ha ajustado en proporción con la magnitud de las mejoras factibles.

De acuerdo con las bases de planificación, la reducción máxima de la carga de contaminación es de 52 toneladas de DBO al día en el proyecto del plan maestro y 46 en el proyecto prioritario. Por tanto, la VDP para el proyecto prioritario puede expresarse de la manera siguiente:

$$VDP = Ps11 \times 46 \div 52 = Ps9.7$$

Por tanto, los beneficios totales durante el proyecto se calcularon aplicando la VDP de 9.7 pesos.

**Beneficio de las industrias:** En la valoración económica del proyecto del plan maestro la VDP de las industrias que pagan sus cuentas de alcantarillado en dólares se estimó en un 0.023

por ciento de la producción. La VDP de las industrias que las pagan en pesos fue de 0.046 por ciento. Como tales porcentajes son considerablemente pequeños en comparación con los de las viviendas (1.4%) y no influyen en la magnitud del mejoramiento, no se hizo el ajuste proporcional de la VDP.

**Beneficio de los turistas:** La VDP de los turistas se estimó en US\$2 o 0.2 por ciento del gasto promedio de un turista en Cuba sin ajuste proporcional de la VDP.

## 2) Resultados del análisis económico

**Viabilidad económica:** Se realizó el análisis económico a partir de las condiciones previamente explicadas. Los principales resultados del análisis se resumen en la Tabla que aparece a continuación.

Todas las TERI de las combinaciones de US\$ y pesos exceden el 10 por ciento. Las proporciones C/B y los VNP son asimismo considerablemente elevados en todas las combinaciones, lo que significa que el proyecto es económicamente viable y su implementación, justificable.

**Tabla 3.11 Resultados de los indicadores del análisis económico**

Caso	TERI	C/B	VNP	Observaciones
I: Porción en US\$ solamente	8.9%	0.9	(\$) -2,648	
II: Porción en pesos solamente	93.5%	14.1	(P) 295,126	
III: US\$ + Peso(1US\$=1Ps)	55.3%	7.2	(P) 292,477	
IV: US\$ + Peso(1US\$=26Ps)	13.4%	1.3	(P) 226,272	

Nota: Tasa de descuento: US\$ 10% Pesos 10%

**Análisis de sensibilidad:** Los resultados del análisis de sensibilidad aparecen en la Tabla 3.12. Las TERI de referencia serían aquellas calculadas para una suma de las porciones en pesos y dólares según la tasa de cambio de 26:1. Las TERI son sensibles tanto a los costos de construcción como a los ingresos. Un incremento del 20 por ciento en el costo de construcción y una disminución del 20 por ciento de los ingresos reduce la TERI en 2.1 y 3.4 puntos respectivamente. Una disminución del 20 por ciento en el costo de construcción y un incremento del 20 por ciento en los ingresos eleva la TERI en 2.9 y 3.5 puntos respectivamente.

**Tabla 3.12 Análisis de sensibilidad económica del Proyecto Prioritario**

	US\$	Peso	US\$+Peso (Ps1:US\$1)	US\$+Peso (Ps26:US\$1)
Caso base	8.9%	93.5%	55.3%	13.4%
El costo de construcción aumenta en un 20%	7.2%	84.6%	49.1%	11.3%
El costo de construcción disminuye en un 20%	11.1%	105.2%	63.6%	16.3%
Los ingresos disminuyen en un 20%	5.8%	82.5%	47.4%	10.0%
Los ingresos aumentan en un 20%	11.9%	103.2%	62.5%	16.9%

## (2) Evaluación económica

Los resultados de las TERI de las combinaciones de US\$ y pesos demostraron que el proyecto es económicamente viable en las condiciones y supuestos establecidos para el Proyecto Prioritario.

A la luz de la evaluación del costo económico, ha de garantizarse la idoneidad de los factores de

conversión. Se aplicaron varios factores de conversión al convertir el costo financiero del proyecto prioritario en su costo económico. Como promedio estos factores de conversión rondan el 0.8, lo que se considera un nivel normal en las evaluaciones del costo económico.

El beneficio económico del proyecto prioritario se compone de los beneficios percibidos por todas las industrias y todos los habitantes dentro de los límites de la Ciudad de La Habana, así como por los turistas que la visitan. No todos ellos son beneficiarios directos o nuevos usuarios del alcantarillado pues el proyecto prioritario cubre sólo una parte del área de la ciudad. Sin embargo, todos se consideran beneficiarios en el sentido que podrán disfrutar de una bahía menos contaminada.

La reducción de la morbilidad de enfermedades transmitidas por el agua como consecuencia del desarrollo del sistema de suministro de agua y de alcantarillado constituye un beneficio evidente. Asumiendo que un 10 por ciento de la contracción de diarrea aguda es atribuible a la deficiente disposición de los excrementos y que tal situación puede eliminarse con el proyecto prioritario, la reducción de la incidencia sería de 25,000 casos al año. El beneficio económico ascendería a 500,000 pesos y 3 millones de dólares anualmente.

Asimismo, el proyecto prioritario, en combinación con los programas de educación ambiental, tendrá un enorme atractivo ya que el gobierno cubano se compromete a asumir una posición responsable con respecto al mejoramiento ambiental de la región del Gran Caribe.

#### **3.4.4 EVALUACIÓN AMBIENTAL**

##### **(1) Reducción de la carga contaminante**

En la Figura 3.5 se hace una comparación entre la generación y la reducción de la carga contaminante en el Plan Maestro y en el Proyecto Prioritario en términos de la carga de  $DBO_5$  para el Sistema Central y el Nuevo Sistema de Alcantarillado.

##### **1) Nuevo Sistema de Alcantarillado**

Excluyendo la reducción con el Proyecto del GEF/PNUD, la reducción lograda con los proyectos del P/M en el Nuevo Sistema de Alcantarillado (RN-M/P) es del 35 % de la generación total (G-N4) en los cuatro distritos de alcantarillado, del 39% de la reducción potencial en los cuatro distritos de alcantarillado, y del 20% de la generación total en el Sistema Central y en el Nuevo Sistema de Alcantarillado (G-CMN4) respectivamente.

La proporción entre la reducción en los Proyectos Prioritarios (RN-F/S) y la reducción en el P/M (RN-M/P) es del 32% y entre la reducción y la generación en el área del P/M, del 22%. La proporción correspondiente entre la reducción y la generación en los cuatro distritos de alcantarillado (G-N4) es del 11%.

##### **2) Sistema central**

En el Sistema Central, la aplicación del Plan Maestro traerá consigo la eliminación de toda la carga a través de los drenes (RC-M/P). La implementación del Proyecto Prioritario, por su parte, conllevará una reducción del 60 % de la carga a través de los canales de drenaje pluvial.

En general, la proporción entre la reducción total de la carga en el E/F (R-F/S) y la reducción total de la carga (R-M/P) es del 51%.

##### **(2) Mejoramiento de la calidad del agua**

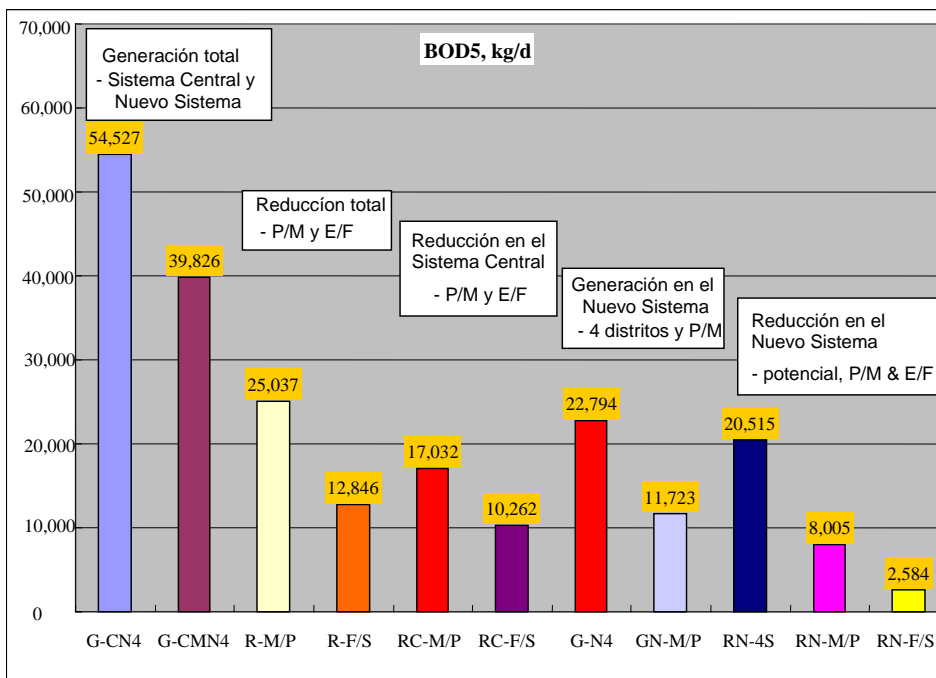
Con el Proyecto Prioritario, el nivel de OD oscilará entre 1.5 y 2.0 mg/L en las Ensenadas de Atarés y de Guasabacoa, comparado con el nivel entre 2.0 y 2.5 mg/L con la implementación del P/M, como se muestra en la Figura 3.6.

La diferencia entre el E/F y el P/M en niveles de OD en la Ensenada de Atarés estriba en la ubicación de Atarés. Atarés es la ensenada más interior de la bahía y el suministro de oxígeno a través de la corriente submarina es limitado en comparación con otras zonas, lo que provoca niveles inferiores de OD en Atarés. Con la implementación de los Proyectos Prioritarios, se eliminará el vertimiento de cargas contaminantes a través de los drenes con la eliminación de las interconexiones relacionadas con el Dren Arroyo Matadero y como resultado del proyecto en ejecución con financiamiento de Bélgica/Italia en virtud del cual se desviarán el Dren Agua Dulce para el tratamiento y la descarga del agua residual en la Ensenada de Guasabacoa. La elevación de los niveles de OD en Atarés en las etapas posteriores será posible con el mejoramiento general de la calidad del agua en las otras partes de la bahía.

Comparado con los niveles existentes de OD en Atarés inferiores a 1.0 mg/L, la elevación en el rango de 1.5 a 2.0 mg/L como consecuencia de la implementación de los Proyectos Prioritarios será significativa considerando el objetivo a largo plazo en relación con la calidad del agua de 3.0 mg/L y con la eliminación del vertimiento de la carga contaminante en Atarés. Con los Proyectos Prioritarios mejorará también la calidad del agua en la Ensenada de Guasabacoa.

### **(3) EIA**

El Estudio de la EIA demostró que los Proyectos Prioritarios son sólidos desde el punto de vista ambiental. Sin embargo, se prevén impactos localizados a causa de la generación de olores desagradables y de lodos en las instalaciones del alcantarillado a menos que se cumplan con los procedimientos apropiados de mantenimiento. Se prevén asimismo impactos negativos durante la fase constructiva. Se recomienda la adopción de varias medidas de prevención/mitigación derivadas del Estudio de la EIA para acciones necesarias en las etapas posteriores del Proyecto Prioritario.



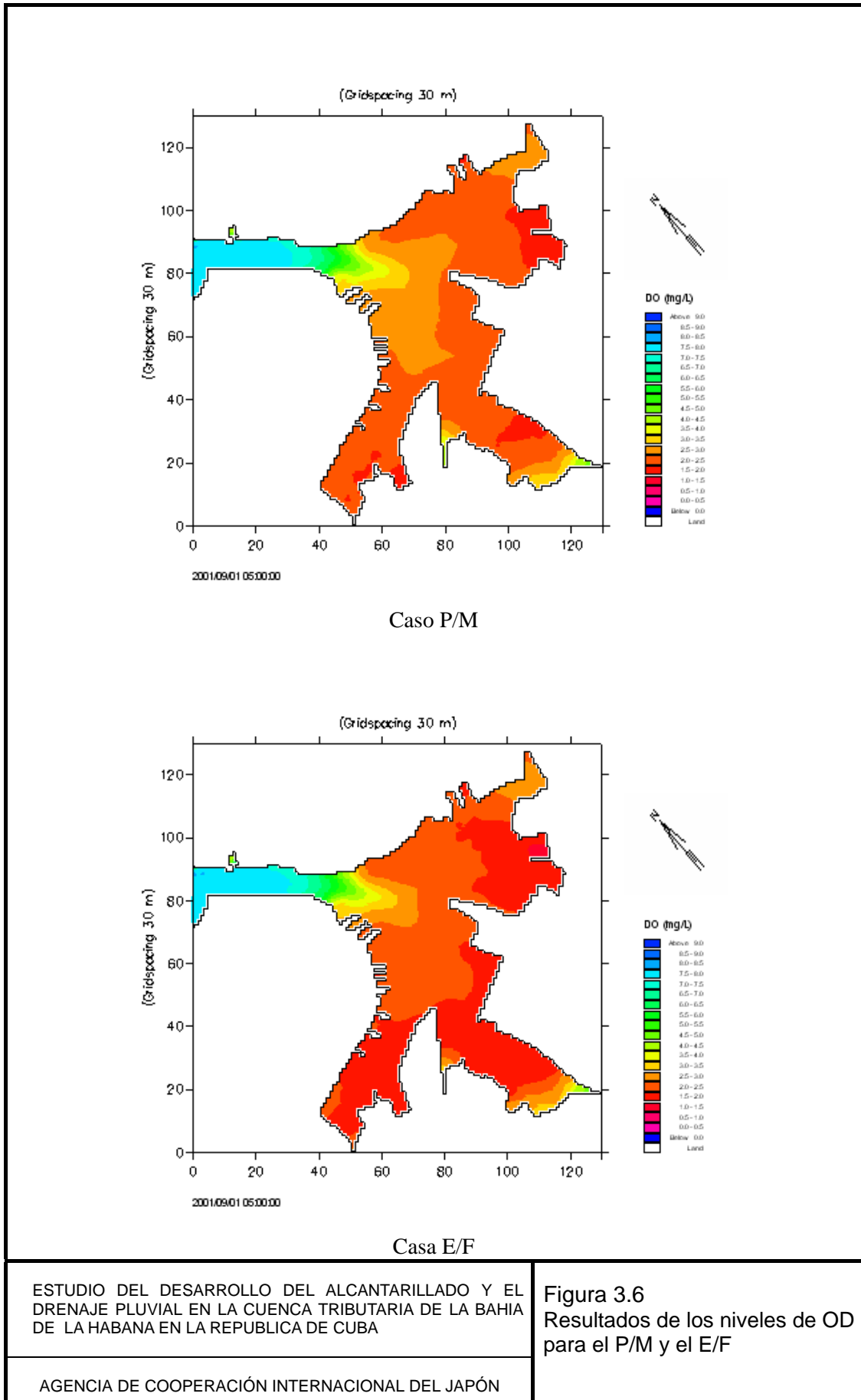
Siglas	Descripción
G-CN4	Generación total de cargas contaminantes (Sistema Central y Nuevo Sistema de Alcantarillado)
G-CMN4	Generación total de cargas contaminantes (Sistema Central –medida y Nuevo Sistema de Alcantarillado-calculada)
R-M/P	Reducción total de las cargas contaminantes con el PM
R-F/S	Reducción total de las cargas contaminantes con el E/F
RC-M/P	Reducción de las cargas contaminantes en el Sistema Central con el PM
RC-F/S	Reducción de las cargas contaminantes con el E/F
G-N4	Generación de cargas contaminantes en todas las zonas del Nuevo Sistema de Alcantarillado (cuatro distritos)
GN-M/P	Generación de cargas contaminantes en el área del PM del Nuevo Sistema de Alcantarillado
RN-4S	Reducción potencial de las cargas contaminantes en todas las zonas del Nuevo Sistema de Alcantarillado (cuatro distritos)
RN-M/P	Reducción de las cargas contaminantes en el Nuevo Sistema de Alcantarillado con el PM
RN-F/S	Reducción de las cargas contaminantes en el Nuevo Sistema de Alcantarillado con el E/F

Proporción	Valor (%)
$(RN-P/M)/(G-N4)$	35
$(RN-P/M)/(RN-4S)$	39
$(RN-P/M)/(G-CMN4)$	20
$(RN-E/F)/(RN-P/M)$	32
$(RN-E/F)/(GN-P/M)$	22
$(RN-E/F)/(G-N4)$	11
$(RC-P/M)/(RC-P/M)$	100
$(RC-E/F)/(RC-P/M)$	60
$(R-E/F)/(R-P/M)$	51

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 3.5  
Comparación entre la generación y la reducción de las cargas contaminantes – DBO<sub>5</sub>



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 3.6  
Resultados de los niveles de OD para el P/M y el E/F

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

## 3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.5.1 CONCLUSIONES

El Estudio de Factibilidad ha verificado la viabilidad técnica, económica, institucional y ambiental de los Proyectos Prioritarios propuestos.

Los proyectos prioritarios propuestos contribuirán considerablemente al mejoramiento de la calidad del agua de la Bahía de La Habana y protegerán a la bahía del deterioro provocado por la descarga de aguas residuales sin tratar a través del alcantarillado y el drenaje pluvial que se continuarían vertiendo de no implementarse el Proyecto. El mejoramiento del Sistema de Alcantarillado existente redundará en el mejoramiento del medio acuático de la Ensenada de Atarés que constituye la zona más contaminada de la bahía en términos de nivel de OD. El desarrollo del Nuevo Sistema de Alcantarillado, por su parte, influirá tanto en el mejoramiento de la Ensenada de Guasabacoa como de todo el medio acuático de la Bahía de La Habana.

### 3.5.2 RECOMENDACIONES

El Estudio de Factibilidad concluyó que la aplicación del Proyecto Prioritario es viable. Es un hecho, sin embargo, que el Proyecto apenas podría implementarse sin el apoyo financiero externo y el subsidio o el autofinanciamiento del gobierno cubano toda vez que al inicio del Proyecto los costos de inversión de capital para las obras de construcción y de rehabilitación son de tal magnitud que supondrían una pesada carga financiera para las entidades cubanas ejecutoras, a saber, el INRH y el GTE.

De acuerdo con la situación prevaleciente en el año 2003, la posibilidad de que el gobierno solicite un préstamo a instituciones bilaterales o multilaterales resulta incierta. La obtención de un préstamo para un proyecto de esta magnitud no es fácil. Se recomienda que el gobierno cubano busque y establezca un fondo para destinarlo a los siguientes componentes importantes del Proyecto Prioritario propuesto, pero se necesita que los costos sean inferiores: 1) Estudio detallado y diseño para resolver el problema de las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Matadero, 2) Estudio de las condiciones físicas del sifón, y 3) Ejecución de las medidas necesarias para eliminar las interconexiones en la zona relacionada con el Dren Arroyo Matadero. Tales componentes son esenciales para el éxito del plan de mejoramiento del sistema de alcantarillado existente y para eliminar la descarga de aguas residuales en la Ensenada de Atarés a través del Dren Arroyo Matadero.

Se proponen algunas medidas institucionales importantes con el propósito de fortalecer y garantizar la coordinación entre todas las partes involucradas. El GTE continuará siendo la autoridad ambiental para la cuenca hidrográfica y tributaria de la Bahía de La Habana. Se recomienda que asegure el financiamiento necesario para la realización del monitoreo ambiental y la continuación de la educación ambiental propuestas. El INRH y la DPRH desempeñarán papeles importantes en la ejecución y aplicación de los proyectos. Aguas de La Habana será la responsable de la administración, operación y el mantenimiento de las instalaciones de alcantarillado construidas o rehabilitadas en virtud del proyecto. Por consiguiente, se recomienda la revisión del Acuerdo de Concesión con Aguas de La Habana.

Con el fin de facilitar la aplicación expedita del proyecto, se proponen algunas medidas institucionales para la implementación del proyecto. Se recomienda la creación de un comité supervisor que represente a todos los organismos y entidades pertinentes, tales como el MINVEC, el GTE, el INRH (DPRH), Aguas de La Habana, y los Consultores Internacionales, como Marco Institucional del Proyecto. Se propone asimismo el establecimiento de una organización para el diseño técnico y la supervisión de las construcciones.

No ha de olvidarse que el sistema de alcantarillado puede contribuir a reducir las cargas contaminantes vertidas en la Bahía de la Habana únicamente cuando funcione adecuadamente.

En tal sentido, las condiciones siguientes resultan indispensables para el correcto funcionamiento del sistema: presupuesto suficiente para la operación y el mantenimiento, suministro estable de electricidad y entrenamientos periódicos de los operadores y del resto del personal con la finalidad de elevar su competencia en la medida en que la tecnología así lo requiera. El apoyo del gobierno central en términos de asistencia financiera e institucional resulta asimismo esencial para la operación del sistema de alcantarillado.