

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN (JICA)

CORPORACIÓN DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE  
SANTIAGO (CORAASAN) LA REPÚBLICA DOMINICANA

**EL ESTUDIO SOBRE  
EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE  
DE LA CIUDAD DE SANTIAGO  
EN LA REPÚBLICA DOMINICANA**

**INFORME FINAL**

**VOLUMEN I  
RESUMEN EJECUTIVO**

Febrero 2002

NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD.  
NIPPON KOEI CO., LTD.

## **CAMBIO**

El Cambio usado en este Estudio es:

Dólar de EEUU (US\$) 1.00 = Yenes japoneses (¥) 125

= Pesos dominicanos (RD\$) 17.00

en octubre de 2001

## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República Dominicana, el Gobierno de Japón decidió llevar a cabo el Estudio sobre el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado y el Medio Ambiente de la Ciudad de Santiago, en la República Dominicana, y confió este estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

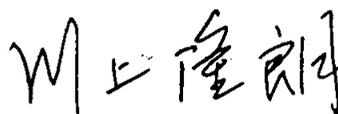
JICA envió a la República Dominicana un equipo de estudio encabezado por el Sr. Harutoshi Uchida, de Nihon Suido Consultants Co., Ltd. y Nippon Koei Co., Ltd., por dos veces, entre enero y diciembre del 2001.

El equipo mantuvo discusiones con los funcionarios competentes del Gobierno de la República Dominicana, y realizó los estudios de campo en el área de estudio. Después de la vuelta del equipo al Japón, se llevaron a cabo estudios adicionales y se preparó el presente informe.

Espero que este informe contribuya a la promoción del proyecto y a estrechar aún más la relación amistosa entre ambos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a los funcionarios competentes del Gobierno de la República Dominicana por la estrecha cooperación brindada al equipo.

febrero del 2002



---

Takao Kawakami

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

febrero del 2002

Sr. Kunihiko Saito  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón  
Tokio, Japón

### CARTA DE ENVÍO

Estimado Señor:

Tenemos el placer de entregarle este Informe Final del Estudio sobre el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado y el Medio Ambiente de la Ciudad de Santiago, en la República Dominicana. Este informe incorpora las opiniones y sugerencias de las autoridades competentes del Gobierno de Japón, incluyendo su Agencia. Asimismo, contiene los comentarios hechos por la Cooperación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN), la Ciudad de Santiago y otras agencias gubernamentales competentes de la República Dominicana durante las reuniones organizadas por el Comité de Coordinación en Santiago, donde el Borrador del Informe Final fue discutido.

El Informe Final está compuesto por un total de cuatro volúmenes abajo listados:

Volumen I : Resumen Ejecutivo  
Volumen II : Informe Principal  
Volumen III : Informe Auxiliar  
Volumen IV : Dibujos

Este Informe contiene los hallazgos, conclusiones y recomendaciones derivados de los Estudios de la Etapa 1 y la Etapa 2. Los objetivos principales del Estudio de la Etapa 1 consisten en investigar la situación actual, establecer un plan maestro a largo plazo e identificar los proyectos prioritarios; mientras los del Estudio de la Etapa 2 consisten en examinar la viabilidad del proyecto prioritario que ha sido identificado previamente en el Plan Maestro durante el curso del Estudio de la Etapa 1.

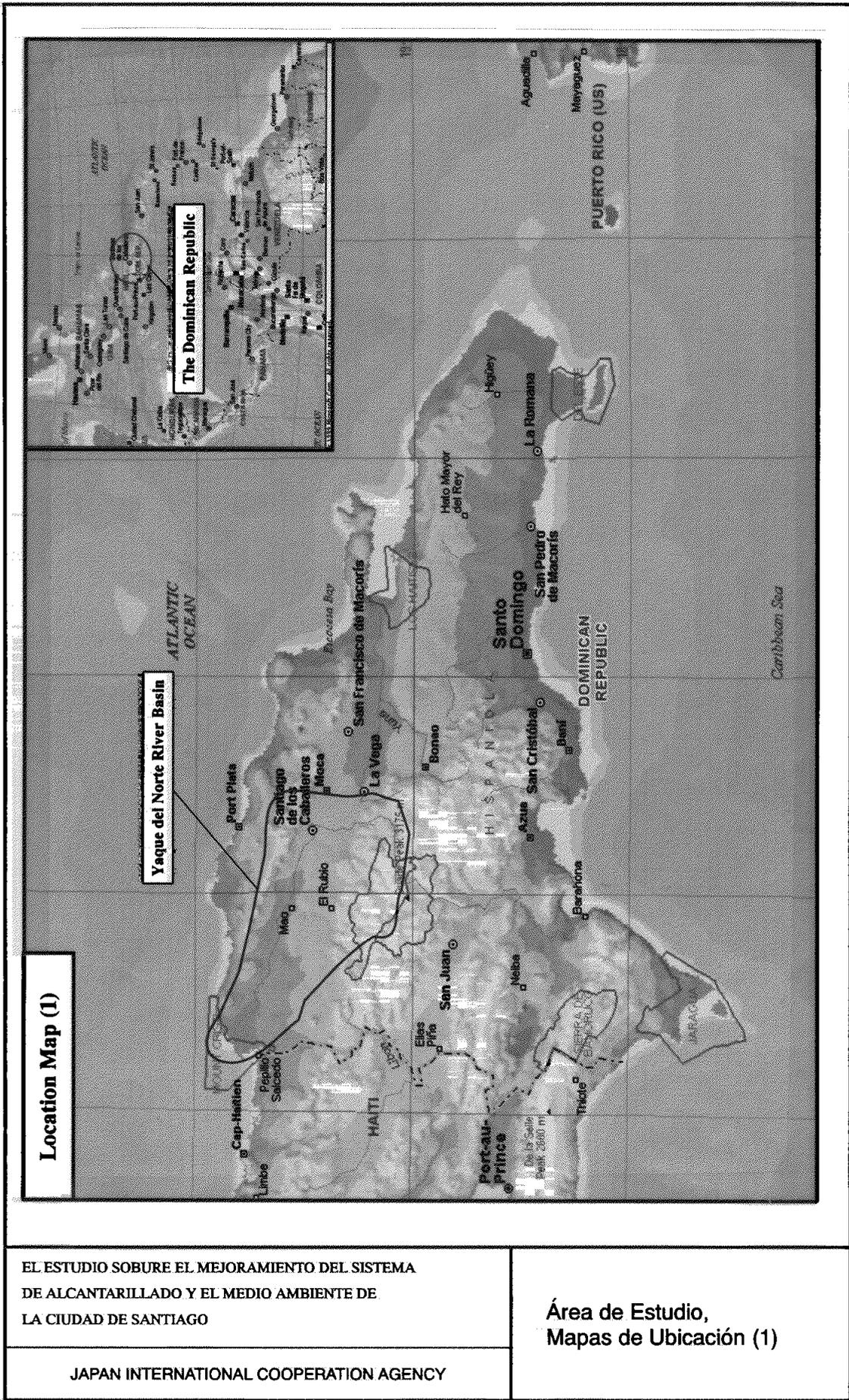
Deseamos aprovechar esta oportunidad para expresar nuestra sincera gratitud a su Agencia, al Ministerio de Asuntos Exteriores y al Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte del Gobierno de Japón por sus valiosos consejos y sugerencias. Asimismo, nos gustaría manifestar nuestro profundo reconocimiento a los funcionarios relacionados con la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA), CORAASAN y otras agencias de la República Dominicana por la cooperación y asistencia que nos brindaron durante todo el transcurso de nuestro Estudio.

Muy atentamente,



Harutoshi Uchida

Jefe de Equipo de Estudio sobre  
el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado  
y el Medio Ambiente de la Ciudad de Santiago



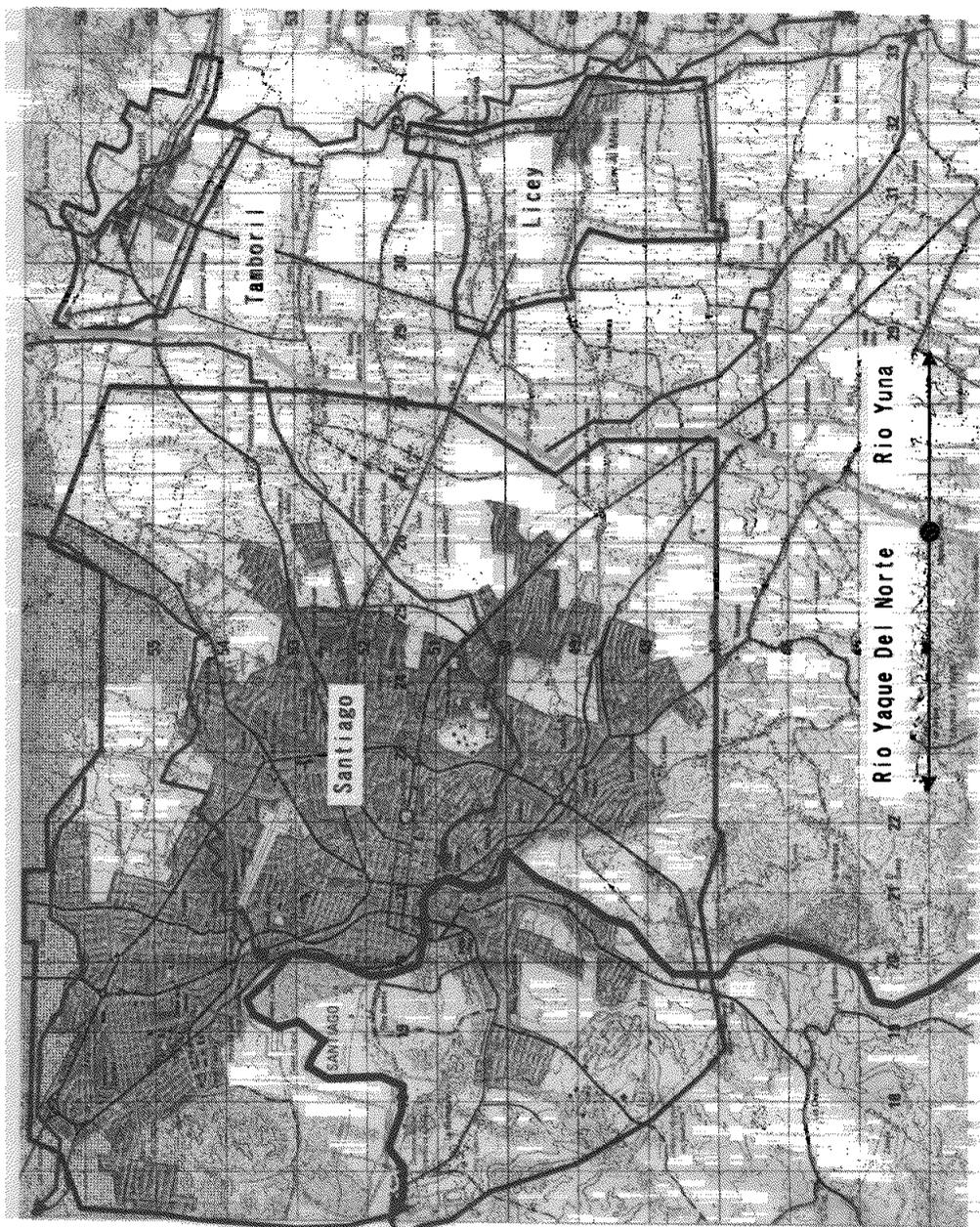
Location Map (1)

Yaque del Norte River Basin

EL ESTUDIO SOBURE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Área de Estudio, Mapas de Ubicación (1)



EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA  
DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE  
LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Área de Estudio,  
Mapas de Ubicación (2)

# ABSTRACTO DEL ESTUDIO

## 1. SITUACION ACTUAL

Entre las estrategias nacionales más importantes para la “Protección Medioambiental”, la atención pública se ha centrado en la provisión del sistema de alcantarillado como la infraestructura requerida con la mayor urgencia, debido a la reciente afluencia de la población a las áreas urbanas de las grandes ciudades.

De los 580,000 habitantes actuales de la población administrativa de la ciudad de Santiago, 520,000 residen en los distritos urbanos, generando diariamente un promedio de 120,000m<sup>3</sup> de aguas residuales. Aunque más de un 90% de los residentes en los distritos centrales urbanos tiene acceso a las alcantarillas públicas, las áreas periféricas de dicha ciudad, con rápido crecimiento, se encuentran sin las adecuadas alcantarillas recolectoras/interceptoras de aguas residuales. Consecuentemente, la mayoría de las aguas residuales crudas que bajan de dichas áreas afluyen directamente a los canales de desagüe y a los arroyos sin ningún tratamiento adecuado. La descarga de estas aguas no controladas ha dado lugar a unas condiciones de vida seriamente antihigiénicas y a la destrucción del medio ambiente en todas estas áreas.

Las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales, que cuentan con una capacidad total de 60,000m<sup>3</sup>/día o una capacidad correspondiente a un 50% de las aguas residuales generadas en las áreas, no han funcionado completamente debido a la deficiencia de las instalaciones de tratamiento de dichas aguas. En la actualidad, las plantas están tratando apenas 27,800m<sup>3</sup> de aguas residuales, lo que corresponde sólo al 23% de la cantidad total generada. En vista de estas circunstancias, CORAASAN está llevando actualmente a cabo un enérgico programa de mejoramiento del sistema de alcantarillado para mejorar la calidad del agua, en continuo deterioro, del Río Yaque del Norte.

## 2. PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO

Para la elaboración del plan maestro del sistema de alcantarillado, se ha dividido en ocho distritos de alcantarillado el área de estudio de 11,450 hectáreas que cubre las municipalidades de Santiago, Tamboril y Lacey. En cada distrito, las bases de planificación, como población administrativa, población con servicio de alcantarillado, y cantidad y calidad de aguas residuales, se han determinado en base a que el plan necesario para las instalaciones del sistema de alcantarillado ha sido desarrollado. El sistema de alcantarillado está planificado para recibir las aguas residuales industriales del área en la máxima cantidad posible. Por lo tanto, un 58% de la totalidad de dichas aguas será captado por las alcantarillas públicas.

Ya que se requiere una enorme inversión para la implementación de todo el sistema de alcantarillado, se ha determinado la prioridad de las instalaciones componentes para su construcción por etapas. Según el plan maestro para el año 2015, la máxima prioridad de implementación se da a la construcción de conductos principales recolectores/interceptores de aguas residuales. El programa para el mejoramiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales debe ser implementado como condición básica, teniendo en cuenta las futuras condiciones de la calidad del agua del Río Yaque del Norte.

El plan maestro propone que el programa para el mejoramiento de alcantarillado sea implementado de acuerdo con las siguientes tres etapas consecutivas:

- Primera etapa (2003–2006): obras de rehabilitación de la actual planta de tratamiento de aguas residuales en Rafey, Cienfuegos y los Salados, construcción de

la planta de tratamiento de aguas residuales en Zona Sur y construcción de alcantarillas principales.

- Segunda etapa (2007–2010): rehabilitación y construcción de conductos principales recolectores/interceptores, expansión de la planta de tratamiento de aguas residuales de Rafey y rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tamboril.
- Tercera etapa (2011–2015): construcción/rehabilitación de alcantarillas, rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales de Embrujo y expansión de la planta de tratamiento de aguas residuales de Zona Sur.

Se ha realizado la estimación del costo y el análisis económico y financiero para el sistema de alcantarillado planteado, así como se ha propuesto el mejoramiento de la organización de CORAASAN.

El posible mejoramiento de la calidad del agua del Río Yaque del Norte se prevé por las condiciones que habrá después de completarse el sistema de alcantarillado y de ser tratadas las aguas residuales industriales, tal como se ha planteado en el plan maestro. También se han establecido los objetivos de la calidad de agua del río desde el punto de entrada a las áreas urbanas de la ciudad hasta el punto de la confluencia del Río Gurabo, por lo que se conserva la condición medioambiental del agua del río. El plan de mejoramiento del agua del río también propone los ítems necesarios de monitorización de la calidad del agua, como una referencia para establecer un programa global de monitorización/control de la calidad de agua del río por parte de INDRHI.

Se ha realizado el estudio de factibilidad del sistema de alcantarillado de alta prioridad seleccionado como instalaciones componentes de la primera etapa. El Proyecto de Primera Etapa puede contribuir, de modo inmediato, al mejoramiento significativo de las deterioradas condiciones sanitarias y medioambientales en el área mediante i) la provisión de conductos principales recolectores/interceptores a lo largo de los canales de desagüe y de los ríos para recolectar y tratar las aguas residuales de manera adecuada, y ii) la rehabilitación de las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales y la construcción de una planta en Zona Sur para aliviar las cargas contaminantes en el Río Yaque del Norte.

### **3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO DE PRIMERA ETAPA (PROYECTO PRIORITARIO)**

A través del estudio de factibilidad, se ha llevado a cabo el diseño de ingeniería preliminar para las instalaciones de alcantarillado seleccionadas en el plan maestro, tomando en cuenta los resultados de las inspecciones y estudios de campo. El Proyecto de Primera Etapa, desde el año 2003 hasta el 2006, consta de la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales en Rafey, Cienfuegos y Los Salados; la construcción de una planta en Zona Sur y la construcción de alcantarillas principales de 14.6 km. de longitud.

Para la implementación eficiente y armoniosa del Proyecto, se ha propuesto el fortalecimiento de la organización de CORAASAN (mejoramiento de la organización y entrenamiento para el personal de operación y mantenimiento). La propuesta incluye la adquisición del equipo de limpieza de alcantarillas y una nueva organización para controlar la descarga de las aguas residuales industriales a las alcantarillas públicas, junto con la estimación del costo para estos trabajos.

El costo del Proyecto de Primera Etapa es de US\$59 millones, que corresponden a US\$35 millones de costo directo, US\$12 millones de costo indirecto y US\$12 millones de la escalada del costo. El costo adicional de operación y mantenimiento para las instalaciones de la Primera Etapa en 2006 se estima en US\$1.6 millones.

Ya que el capital a invertir para un proyecto de esta magnitud excede con creces la propia capacidad financiera de CORAASAN, se supone que para el plan financiero se encuentran disponibles el préstamo de asistencia bilateral de US\$37 millones, la subvención (subsidio) o fondos de capital de US\$12 millones del Gobierno Central, y la reserva de capital propio de CORAASAN de US\$10 millones. Bajo estas condiciones, el costo total anual para la devolución de préstamos y para la operación y mantenimiento de las instalaciones podría estar en el orden de US\$3.6 millones, y parece ser que la proporción de reembolso/beneficio podría estar financieramente dentro del margen de seguridad.

En este plan financiero es un requisito previo que la proporción del cobro actual de la tarifa de los usuarios del 82% sea incrementada al 95%, y el actual ingreso unitario atribuible al proyecto de US\$0.38/m<sup>3</sup> sea incrementada en un 60% , a US\$0.61/m<sup>3</sup>.

La FIRR del proyecto prioritario se estima en el 10.9%, resultando más alto que el actual costo de oportunidad aceptado del 9.5% en el mercado de capital dominicano. El valor presente neto de US\$4.3 millones estimado al nivel de precios del 2002 es también más alto que el punto de divergencia del balance de beneficios y pérdidas.

La EIRR indica el 12.2% para el modelo de voluntad de pago, mientras que para el modelo de tarificación de los costos marginales este valor es del 14.1%. Esos valores exceden bastante los del 8 al 10% que corresponden al costo de oportunidad económica estimado en los proyectos del medio ambiente urbano y de infraestructura, incluyendo el sector de alcantarillado. Estos análisis económicos indican claramente que este proyecto puede ser implementado con factibilidad desde el punto de vista de la economía nacional.

# ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

## VOLUMEN I RESUMEN EJECUTIVO

### TABLA DE CONTENIDOS

#### PREFACIO

#### CARTA DE ENVÍO

#### AREA DE ESTUDIO, MAPAS DE UBICACIÓN

#### ABSTRACTO DE ESTUDIO

### I PLAN MAESTRO (HASTA EL 2015)

1.1	ESTUDIO DEL MEJORAMIENTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO .....	S-1
1.1.1	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	S-1
1.1.2	PERFIL DEL ESTUDIO.....	S-2
1.2	AREA DE ESTUDIO.....	S-2
1.2.1	AREA DEL PLAN MAESTRO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO .....	S-2
1.2.2	DISTRITOS DEL ALCANTARILLADOS SANITARIOS .....	S-2
1.3	DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN .....	S-4
1.3.1	POBLACIÓN DE MUNICIPALIDADES .....	S-4
1.3.2	POBLACIÓN DE ALCANTARILLADO EN DISTRITOS DE ALCANTARILLADOS SANITARIOS .....	S-4
1.4	CANTIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	S-5
1.4.1	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....	S-5
1.4.2	AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES .....	S-7
1.4.3	CANTIDAD Y CARACTERÍSTICA DE AGUAS RESIDUALES .....	S-8
1.4.4	CANTIDAD Y CARACTERÍSTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES INFLUENTES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	S-10
1.5	SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	S-11
1.5.1	SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE .....	S-11
1.5.2	PLAN DE MEJORAMIENTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....	S-13
1.5.3	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	S-16
1.6	PROGRAMAS DE IMPLEMENTACIÓN .....	S-17
1.6.1	PRIORIDAD DE IMPLEMENTACIÓN .....	S-17
1.6.2	PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN POR ETAPA.....	S-22
1.7	COSTOS DEL PROGRAMA RECOMENDADO .....	S-25
1.7.1	COSTOS DE CAPITAL .....	S-25
1.7.2	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	S-25
1.8	ANÁLISIS FINANCIERO .....	S-26
1.9	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	S-26

1.10 MEDIO AMBIENTE DEL AGUA.....	S-26
1.10.1 CONDICIONES ACTUALES DEL MEDIO AMBIENTE DEL AGUA .....	S-26
1.10.2 PREDICCIÓN DE LA CALIDAD FUTURA DEL AGUA DEL RÍO .....	S-29
1.10.3 META PROPUESTA EN LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO YAQUE DEL NORTE EN EL AREA DE ESTUDIO .....	S-34
1.10.4 PARÁMETROS SUGERIDOS DEL MONITOREO DEL AGUA .....	S-35
1.11 PROYECTO PRIORITARIO PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	S-35
1.12 MEJORAS INSTITUCIONALES EN CORAASAN .....	S-36
1.13 LEGISLACIÓN Y ORGANIZACIÓN NACIONAL EN EL SECTOR AGUA .....	S-37
1.13.1 LEGISLACIÓN Y ORGANIZACIÓN .....	S-37
1.13.2 SEMARENA .....	S-37

## II ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (2003 AL 2006)

2.1 PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO (PROYECTO DE ALTA PRIORIDAD).....	S-38
2.1.1 PLAN DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	S-38
2.1.2 ORGANIZACIÓN Y GERENCIA .....	S-40
2.1.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL PROYECTO PRIMERA ETAPA .....	S-40
2.1.4 ESTIMADOS DEL COSTO DEL PROYECTO .....	S-42
2.1.5 PROGRAMA DE GASTOS .....	S-44
2.1.6 PLAN DE FINANCIAMIENTO.....	S-45
2.2 EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	S-45
2.2.1 EVALUACIÓN TÉCNICA .....	S-45
2.2.2 EVALUACIÓN FINANCIERA Y ECONÓMICA.....	S-47
2.2.3 CONSIDERACIONES AMBIENTALES.....	S-47
2.2.4 EVALUACIÓN INSTITUCIONAL .....	S-48
2.2.5 EVALUACIÓN DEL PROYECTO GENERAL .....	S-50
2.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	S-51
2.3.1 CONCLUSIONES.....	S-51
2.3.2 RECOMENDACIONES .....	S-52

### FIGURAS

Figura 1 Distrito de Alcantarillado de Santiago.....	S-3
Figura 2 Plan General del Sistema de Alcantarillado en la Ciudad de Santiago.....	S-14
Figura 3 Plan General del Sistema de Alcantarillado de Tamboril .....	S-15
Figura 4 Plan de Incremento de Capacidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	S-24
Figura 5 Lugares de Estudio de Calidad de Agua y Lugares de Proyección de Calidad de Agua.....	S-28
Figura 6 Carga DBO descargada al Río Yaque del Norte .....	S-31
Figura 7 Carga DBO descargada al Río Yaque del Norte en cada lugar de Proyección .....	S-32

**ACRÓNIMOS DE ORGANIZACIONES Y PROGRAMAS**

AFM	Gerencia de Administración y Finanzas
CAASD	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo
CIPRCYN	Consejo Inter Institucional para el Rescate de la Cuenca del Río Yaque del Norte
CM	Gerencia Comercial
CODESA	Consejo de Salud Zona Sur
CODESAN	Corporación de Desechos Sólidos de Santiago
CONAS	Consejo Nacional de Agua y Saneamiento
CORAAMOCA	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Moca
CORAAPLATA	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Puerto Plata
CORAAROM	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de La Romana
CORAASAN	Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago
CORSAS	Consejo Nacional de Regulación de Servicios de Agua y Saneamiento
CRS	Sección de Relaciones Comunitarios
DG	Director General
DIGENOR	Dirección General de Normas y Sistemas
EAI	Evaluación Ambiental Inicial
EIA	Evaluación Impacto Ambiental
EM	Gerencia Ingenieril
EMD	Departamento de Mantenimiento Electromecánico
ES	Saneamiento Ambiental
ESM	Gerencia de Saneamiento Ambiental
GSD	Departamento de Servicios Generales
HRD	Desarrollo de Recursos Humanos
IAD	Instituto Agrario Dominicano
IDB	Banco de Desarrollo Inter-Americano
INAPA	Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado
INDRHI	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
INPRA	Instituto Nacional de Protección Ambiental
ISA	Instituto Superior de Agricultura
IWQCS	Sección de Control de la Calidad de las Aguas Servidas Industriales
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
LCD	Departamento de Control de Pérdida
NGO	Organizaciones No Gubernamentales
NMD	Departamento de Mantenimiento de Redes
ONAPLAN	Oficina Nacional de Planificación
ONAPPAS	Oficina Nacional de Política y Planificación del Sector Agua Potable y Saneamiento
ORR del SAPyS	Oficina Rectora de la Reforma y Modernización del Sector Agua Potable y Saneamiento
O&M	Operación y Mantenimiento
O&MM	Operación y Gerencia de Mantenimiento
PNDS	Plan Nacional de Desarrollo Social
PRO	Oficina de Relaciones Públicas
PROMASIR	Programa de Administración de Sistemas de Riego para Usuarios
PUCMM	Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra
SEA	Secretaría de Estado de Agricultura
SEMARENA	Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEOP	Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones
SESPAS	Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social
SGA	Sub-Secretaría de Gestión Ambiental
STP	Secretaría Técnica de la Presidencia
TTA	Consultor de Entrenamiento Técnico

UGAM	Unidad Gestión Ambiental Municipal
WB	Banco Mundial
WUA	Asociación de Usuarios de Agua
WWTP	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

# **I. PLAN MAESTRO (HASTA EL 2015)**

## **1.1 ESTUDIO DEL MEJORAMIENTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **1.1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

La ciudad de Santiago, la segunda más grande de la República Dominicana, es la capital de la Provincia de Santiago, teniendo una enorme importancia estratégica para la economía nacional en el abastecimiento de productos, servicios y empleos industriales y agrícolas para la región. La llanura del Valle del Cibao cuenta con una producción agrícola importante y abundantes cosechas .

El Río Yaque del Norte es el río más grande del país en su área tributaria, constituyendo una fuente de agua importante para el uso doméstico, industrial y en el regadío. La ciudad de Santiago está localizada en el área superior de la cuenca del Río Yaque del Norte, siendo dicho área de 7,053 km<sup>2</sup>. La ciudad es el centro urbano de la cuenca del río, y tiene una población actual de 583,000 habitantes, que corresponde a un 48%, aproximadamente, de la población total de 1,200,000 habitantes de la cuenca del río. Debido al rápido crecimiento de la población y al desarrollo industrial de las áreas urbanas, la cantidad de aguas residuales vertidas al río ha ido aumentando, motivo por el cual la calidad del agua se ha deteriorado progresivamente.

A principios de 1970 se elaboró, mediante la asistencia del Gobierno de Italia, un plan maestro hasta el año 2000. En este plan se preveía que todas las aguas residuales generadas en el casco urbano de la ciudad fueran recolectadas por las alcantarillas sanitarias y conducidas a la planta central de tratamiento de aguas residuales del distrito de Rafey. En la primera etapa de este proyecto fueron construidas las alcantarillas principales y la planta de tratamiento de Rafey, con una cuarta parte de la capacidad final de tratamiento.

En los inicios de la década de 1980 se construyeron dos pequeñas plantas de tratamiento en El Embrujo y La Lotería, y posteriormente fueron construidas cuatro plantas más, una en cada uno de los cuatro distritos de Cienfuegos, Los Salados, Embrujo y Tamboril, desde 1994 hasta 1997. Sin embargo, estas cuatro plantas no han funcionado a pleno rendimiento debido, principalmente, a problemas de los equipos eléctricos y mecánicos.

En contraste con la generación actual de aguas residuales de unos 120,000 m<sup>3</sup>/día, la capacidad de tratamiento total de las plantas existentes es de unos 60,000 m<sup>3</sup>/día, es decir, un 50% de la cantidad total de aguas residuales generadas, sin embargo, el volumen de aguas residuales tratadas actualmente alcanza sólo un 23% de la totalidad generada. Bajo estas condiciones, la mayoría de las aguas residuales crudas sigue su curso directamente hasta los cuerpos de agua cercanos. Consecuentemente, en las áreas del casco urbano, particularmente en las próximas a las rutas de dichas aguas contaminadas, las condiciones sanitarias se han deteriorado y llegan a alcanzar niveles deplorables.

Ante estas circunstancias, el Gobierno de la República Dominicana hizo una solicitud oficial al Gobierno de Japón acerca de las necesidades de Santiago y de las ciudades colindantes. En respuesta de esta solicitud, un Equipo de Estudio Preparatorio del Japón enviado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (de aquí en adelante referida como "JICA") visitó la República Dominicana en agosto del 2000.

Tras una serie de discusiones con las autoridades dominicanas relacionadas, fue acordado y firmado entre CORAASAN y JICA, en septiembre del 2000, el Alcance del Trabajo ("S/W") para el Estudio sobre el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado y el Medio Ambiente de la Ciudad de Santiago.

### **1.1.2 PERFIL DEL ESTUDIO**

El Estudio sobre el plan de mejoramiento del sistema de alcantarillado de Santiago ha sido realizado siguiendo el Alcance del Trabajo (S/W) para lograr los siguientes tres propósitos principales:

- (1) Establecer un plan maestro del sistema de alcantarillado para el año objetivo del 2015 a fin de mejorar las condiciones medio ambientales y sanitarias de la ciudad de Santiago y la contaminación del agua del río causada por la descarga no controlada de aguas residuales procedente de los distritos del casco urbano.
- (2) Llevar a cabo el Estudio de Factibilidad sobre el proyecto seleccionado de alta prioridad, teniendo en cuenta la fuerte demanda de construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales, rehabilitación de las actuales plantas y provisión de la red de alcantarillas.
- (3) Transferir la tecnología al personal de contraparte de CORAASAN mediante el estudio.

En la búsqueda del objetivo final de mejorar las condiciones medio ambientales en todo el Area de Estudio, se han llevado a cabo investigaciones y estudios encaminados a adecuar el sistema de alcantarillado existente, las instalaciones industriales y sanitarias, y los métodos por los cuales las deficiencias pueden ser eliminadas. El resultado del estudio fue recopilado en el Informe de Progreso y entregado a CORAASAN en marzo del 2001.

En base a los resultados de las investigaciones y estudios, se desarrollaron las bases de planificación para el plan maestro de mejoramiento del sistema de alcantarillado, tomando en consideración las estimaciones demográficas, la producción de aguas residuales, las características de dichas aguas, las bases de planificación y diseño, la planificación de facilidades y los programas de implementación del proyecto. El plan maestro fue recopilado en el Informe Intermedio y entregado a CORAASAN en agosto del 2001. Posteriormente, han sido presentados el perfil del Plan Maestro y los resultados del Estudio de Factibilidad sobre programa seleccionado de alta prioridad.

## **1.2 AREA DE ESTUDIO**

### **1.2.1 AREA DEL PLAN MAESTRO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO**

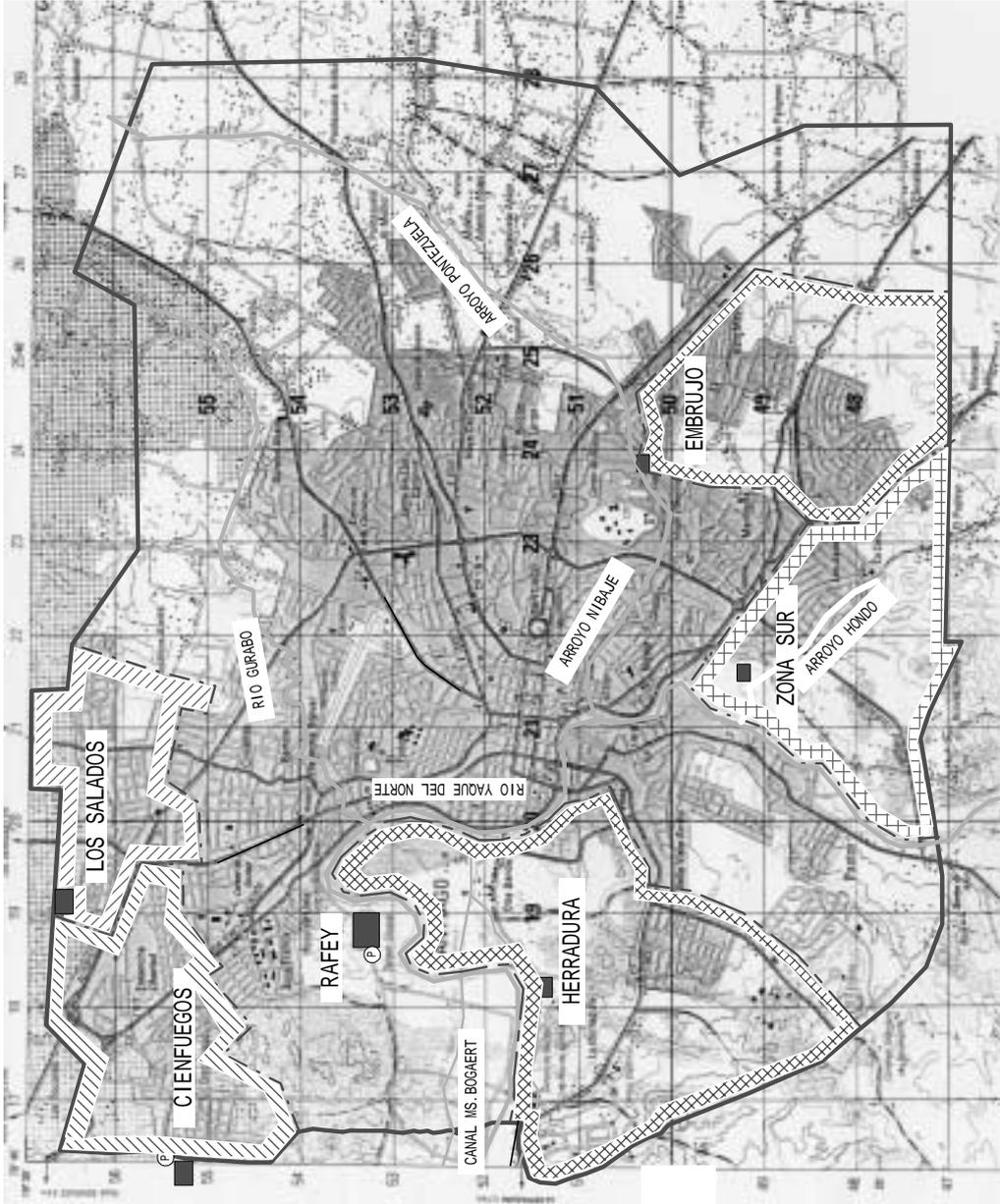
El Area del Plan Maestro del alcantarillado sanitario cubre un total de 11,450 hectáreas de distritos urbanos en las municipalidades de Santiago, Tamboril y Licy. El Area del Plan Maestro fue seleccionado para incluir todas las áreas de recolección consistentes con la topografía, concentraciones y distribuciones de poblaciones futuras probables, y los distritos de desarrollo habitacional presentes y futuros.

### **1.2.2 DISTRITOS DEL ALCANTARILLADOS SANITARIOS**

El área total de servicio del alcantarillado sanitario (Area del Plan Maestro) es dividido en ocho distritos de alcantarillados; seis en Santiago, uno en Tamboril y uno en Licy. La división se elaboró tomando en consideración el sistema presente de alcantarillado, las condiciones topográficas, las necesidades de futuras extensiones de alcantarillas, y la tendencia de los programas de desarrollo urbano. La Figura 1 muestra los distritos de alcantarillado de la ciudad de Santiago. El distrito de alcantarillado de Rafey tiene previsto integrar una porción del distrito de Embrujo, mientras una parte del distrito actual de Rafey se destinará al distrito de Zona Sur.

**Distritos de Alcantarillados Sanitarios (en hab.)**

Santiago							Tamboril	Licy
Rafey	Cienfuegos	Los Salados	Embrujo	Zona Sur	Herradura	Sub total		
6,700	540	380	590	600	1,150	9,960	600	890



**Legend**

Boundary of  
Planned Area

Boundary of  
Sewerage  
District

River



EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 1

Distrito de Alcantarillado de Santiago

## 1.3 DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN

### 1.3.1 POBLACIÓN DE MUNICIPALIDADES

La población total dentro de las municipalidades en el Area de Estudio fue de 649,700 en el año 2000. Se espera que la población tenga un incremento mayor con los índices de crecimientos anuales de 2.4 a 2.8 por ciento, alcanzando 929,100 en el 2015, de acuerdo a la información obtenida en el censo nacional, las municipalidades y CORAASAN. Las poblaciones estimadas en las tres municipalidades por etapa son mostradas a continuación:

**Población Total Estimada en Municipalidades**

Municipalidades	2000	2005	2010	2015
Santiago	582,600	655,900	738,400	831,400
Tamboril	46,000	51,800	58,400	65,700
Licey	21,100	24,300	27,900	32,000
Total	649,700	732,000	824,700	929,100

### 1.3.2 POBLACIÓN DE ALCANTARILLADO EN DISTRITOS DE ALCANTARILLADOS SANITARIOS

La siguiente es la distribución de la población estimada en los Distritos de Alcantarillado por etapa:

**Distribuciones de Población por Distritos del Alcantarillado (2000 al 2015)**

Distritos del Alcantarillado	Area (ha)	Población del Distrito (personas)			
		2000	2005	2010	2015
1. Santiago					
Rafey	6,700	358,400	413,300	465,500	518,800
Cienfuegos	540	35,900	42,000	48,100	54,000
Los Salados	380	22,800	26,600	30,400	34,000
Embrujo	590	28,800	33,100	37,300	41,500
Zona Sur	600	32,500	37,700	42,800	47,700
Herradura.	1,150	39,200	44,000	47,800	52,300
Sub-total	9,960	517,600	596,700	671,900	748,300
2. Tamboril	600	25,300	30,700	35,100	39,400
3. Licey	890	8,500	11,800	15,600	19,200
Total	11,450	551,400	639,200	722,600	806,900

Se asume que las áreas del alcantarillado no serán totalmente pobladas aún para el 2015. El porcentaje de población del alcantarillado para todo el poblado en cada distrito de alcantarillados se ha estimado, asumiendo que las tasas de cobertura se incrementarán a una razón de 2 a 5 por ciento anualmente.

**Tasa de Servicio del Alcantarillado y Poblaciones por Distritos y Años**

Distrito de Alcantarillado	Tasas de Servicio y Población							
	2000		2005		2010		2015	
I. Santiago								
Rafey	70 %	251,800	76 %	313,700	85 %	394,800	95 %	493,000
Cienfuegos	67 %	23,900	74 %	30,900	80 %	38,300	87 %	46,800
Los Salados	70 %	16,000	77 %	20,500	83 %	25,200	90 %	30,600
Embrujo	72 %	20,600	78 %	25,700	84 %	31,200	89 %	36,800
Zona Sur	74 %	24,000	83 %	31,200	90 %	38,700	99 %	47,100
Herradura	9 %	3,600	29 %	12,900	50 %	24,000	71 %	37,000
Sub-total	66 %	339,900	73 %	434,900	82 %	552,200	92 %	691,300
II. Tamboril	42 %	10,500	54 %	16,500	67%	23,500	82 %	32,500
III.Licey	0 %	0	0 %	0	30 %	4,700	50 %	9,600
Total	64%	350,400	71 %	451,400	80 %	580,400	91 %	733,400

**1.4 CANTIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

**1.4.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

**(1) CANTIDAD DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

**1) Tasas per Cápita del Caudal de Diseño de Aguas Residuales Domésticas**

Para el análisis del sistema hidráulico del alcantarillado, las variaciones de los caudales durante un día y un año han sido estimados. Los caudales de diseño de aguas residuales domésticas per cápita bajo condiciones variadas son:

- (i) Generación diaria promedio de aguas residuales per cápita  $0.75 \times$  consumo de agua (lpcd)
- (ii) Caudal Promedio diario de aguas residuales per cápita  $(i) + 25$  (lpcd)
- (iii) Caudal Máximo diario de aguas residuales per cápita  $(i) \times 1.2 + 25$  (lpcd)
- (iv) Caudal Máximo por hora de aguas residuales per cápita  $(i) \times 1.2 \times 1.5 + 25$  (lpcd)

Se espera que el caudal de aguas residuales domésticas per cápita se incrementen de 195 L/hab/día en el presente a 225L/hab/día en el 2015 como se muestra en las tablas siguientes:

**Caudal de las Aguas Residuales Domésticas per Cápita por Año (lpcd)**

Categoría	2000	2005	2010	2015
1. Consumo de Agua Per Cápita	260	273	287	300
2. Generación de Aguas Residuales Per Cápita	195	205	215	225
3. Infiltración/ Inundación	25	25	25	25
4. Caudal Diario Promedio Per Cápita	220	230	240	250
5. Caudal Diario Máximo Per Cápita	260	270	285	300
6. Caudal por Hora Máximo Per Cápita	380	400	415	430

**2) Cantidad de Aguas Residuales Domésticas**

Se ha estimado la producción de aguas residuales domésticas multiplicando la población (administrativa y con servicio de alcantarillado) por la producción de aguas residuales per cápita. La cantidad de aguas residuales domésticas corresponde a la cantidad recolectada mediante las alcantarillas existentes más la cantidad que aumentará conforme al programa del Plan Maestro.

En la actualidad se recolecta aproximadamente un 64% de la totalidad de aguas residuales domésticas mediante el sistema de alcantarillado. Esta tasa de recolección se incrementará hasta

un 90% en el año 2015, debido al mejoramiento del sistema de alcantarillado.

**Producción de Aguas Residuales Domésticas (m<sup>3</sup>/día)**

Año	Santiago	Tamboril	Licey	Total	Tasa Recolección por Alcantarillado
1) Producción de Aguas Residuales Domésticas en el Area de Estudio					
2000	100,930	4,930	1,660	107,520	
2005	122,330	6,290	2,420	131,040	
2010	144,460	7,550	3,360	155,360	
2015	168,370	8,870	4,320	181,560	
2) Cantidad de Aguas Residuales Domésticas a Ser Recolectadas (Aguas Residuales Domésticas a Ser Recolectadas por el Sistema de Alcantarillado)					
2000	66,280	2,050	0	68,330	/ 64%
2005	89,160	3,380	0	92,540	/ 71%
2010	118,720	5,050	0	123,770	/ 80%
2015	155,540	7,290	0	162,830	/ 90%
3) Producción de Aguas Residuales Fuera del Area de Planificación del Alcantarillado					
2000	34,650	2,890	1,660	39,200	
2005	33,170	2,910	2,420	38,500	
2010	25,740	2,490	3,360	31,590	
2015	12,830	1,580	4,320	18,730	

**(2) CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

**1) Cargas Contaminantes de las Aguas Residuales Domésticas**

Las cantidades de aguas residuales influentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales (WWTPs) fueron monitoreadas, y las cargas contaminantes per cápita fueron entonces estimadas para la tasa de generación de aguas residuales domésticas en 200 lpcd como se muestra abajo:

**Cargas Contaminantes Per Cápita de las Aguas Residuales Domésticas por año**

Parámetros Contaminantes	2000	2005	2010	2015
BOD5 (kg/día)	30	33	37	40
SS (kg/día)	35	40	45	50
T-N (kg/día)	7	8	8	9
T-P (kg/día)	0.4	0.5	0.5	0.6

**2) Cargas Contaminantes de las Aguas Residuales Domésticas**

El BOD<sub>5</sub> se utiliza como indicador representativo de las cargas contaminantes de las aguas residuales domésticas. Tal como indica la siguiente tabla, un 64% del BOD<sub>5</sub> de la totalidad de las aguas residuales domésticas generadas se recolecta por el sistema de alcantarillado. Se prevé incrementar la tasa de esta recolección al 90% en el año 2015.

**BOD<sub>5</sub> Debido a las Aguas Residuales Domésticas (kg/día)**

Año	Santiago	Tamboril	Licey	Total
1) Generación de BOD <sub>5</sub>				
2000	15,528	759	255	16,542
2005	19,691	1,013	389	21,093
2010	24,862	1,299	577	26,738
2015	29,932	1,576	768	32,276
2) BOD <sub>5</sub> a ser recolectado mediante el sistema de alcantarillado				
2000	10,197	315	0	10,512
2005	14,353	545	0	14,898
2010	20,431	870	0	21,301
2015	27,652	1,296	0	28,948
3) Generación de BOD <sub>5</sub> fuera del área de alcantarillado				
2000	5,344	444	255	6,033
2005	5,339	469	389	6,197
2010	4,431	429	577	5,437
2015	2,280	280	768	3,328

**1.4.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES**

**(1) Producción de aguas Residuales Industriales**

- Existe en la actualidad un total de 148 empresas mayores, produciendo 20,400 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales industriales, la cual se espera que incremente en las tasas de un 3 a 8 por ciento anual. La generación de aguas residuales industriales podría alcanzar a 44,400 m<sup>3</sup>/día para el 2015.

**Estimaciones de Producción de Aguas Residuales Industriales por Año**

2000 (Presente)	2005	2010	2015
20,427 m <sup>3</sup> /d	39,014 m <sup>3</sup> /d	38,306 m <sup>3</sup> /d	44,407 m <sup>3</sup> /d

**(2) Calidades de Aguas Residuales Industriales**

Las cargas contaminantes descargadas de las aguas residuales industriales en la actualidad y en el futuro fueron calculados bajo las condiciones que las cargas contaminantes generadas serían parcialmente tratadas por los tratamientos existentes.

**Cargas Contaminantes de Aguas Residuales Industriales en la actualidad (al 2000)**

Artículos	Cargas Contaminantes (kg/día)	Calidad Promedio (mg/l)	Comentarios
DBO5	8,539	418	Población equivalente 284,600
SS	10,984	538	
N	673	33	
P	110	5.4	

Nota: La tasa per cápita de DBO es asumida en 30 g/día

### Cargas Contaminantes de Aguas Residuales Descargadas después del Tratamiento en la Actualidad

Artículos	Cargas Contaminantes (kg/día)	Calidad Promedio (mg/L)	Comentarios
DBO5	6,282	308	Población equivalente 209,400
SS	5,704	279	
N	641	31	
P	105	5.1	

Nota: La tasa per cápita de DBO es asumida en 30 g/día

Las cargas contaminantes futuras se estiman basándose en la suposición que las capacidades presentes de las facilidades de tratamiento de aguas residuales permanecerán iguales a como están ahora y no serán ni expandidas ni reducidas. Las generaciones de aguas residuales estimadas y cargas residuales se muestran a continuación:

#### Cargas de Aguas Residuales Industriales Presentes y Futuras

Año	Cargas Contaminantes Generadas		Cargas Contaminantes Descargadas	
	BOD (kg/día)	SS (kg/día)	BOD (kg/día)	SS (kg/día)
2000	8,539	10,984	6,282	5,704
2005	12,547	16,139	10,290	10,859
2010	16,013	20,598	13,754	15,317
2015	18,564	23,879	16,305	18,598

### 1.4.3 CANTIDAD Y CARACTERÍSTICA DE AGUAS RESIDUALES

#### (1) Generación de Aguas Residuales

Tal como muestra la siguiente tabla, se supone que se incrementará más la producción total de aguas residuales en el Area de Estudio. El porcentaje de la recolección de aguas residuales mediante el sistema de alcantarillado con respecto a la producción total de estas aguas está previsto que se incremente del 62% de la actualidad al 83% en el año 2015.

**Aguas Residuales Generadas y Recolectadas en el Area de Estudio (m<sup>3</sup>/día)**

<b>Año</b>	<b>Total de aguas residuales domésticas</b>	<b>Total de aguas residuales industriales</b>	<b>Total de aguas residuales</b>	<b>Tasa de recolección por alcantarillado</b>
1) Aguas residuales generadas en el Area de Estudio				
2000	107,520	20,430	127,950	
2005	131,040	29,020	160,060	
2010	155,360	38,310	193,670	
2015	181,560	44,410	225,970	
2) Aguas residuales recolectadas mediante el sistema de alcantarillado (Generación de aguas residuales en las áreas de alcantarillado)				
2000	68,330	11,620	79,950	/ 62 %
2005	92,540	17,080	109,620	/ 68 %
2010	123,770	22,040	145,810	/ 75 %
2015	162,830	25,560	188,390	/ 83 %
3) Aguas residuales generadas fuera de las áreas de servicio de alcantarillado				
2000	39,200	8,810	48,010	
2005	38,500	11,940	50,440	
2010	31,590	16,270	47,860	
2015	18,730	18,850	37,580	

**(2) Cargas Contaminantes de Aguas Residuales**

Como indicador representativo de las cargas contaminantes de las aguas residuales, la generación de BOD<sub>5</sub> se calcula por el tipo de dichas aguas y el año, tal como indica la tabla de abajo. Se supone que el 58% actual de BOD<sub>5</sub> que influye en el sistema de alcantarillado se incrementará hasta el 72% en el año 2015.

**Producción de BOD<sub>5</sub> en el Area de Estudio (kg/día)**

<b>Año</b>	<b>Aguas residuales domésticas</b>	<b>Aguas residuales industriales</b>	<b>Total</b>	<b>Tasa de recolección por alcantarillado</b>
1) Generación total de BOD <sub>5</sub>				
2000	16,542	6,282	22,824	
2005	21,093	10,290	31,383	
2010	26,738	13,754	40,492	
2015	32,276	16,305	48,581	
2) Cargas de BOD <sub>5</sub> a ser recolectadas mediante el sistema de alcantarillado				
2000	10,512	2,653	13,165	/ 58 %
2005	14,898	3,911	18,809	/ 60 %
2010	21,301	5,053	26,354	/ 65 %
2015	28,948	5,862	34,810	/ 72 %
3) Cargas de BOD <sub>5</sub> generadas fuera de las áreas de servicio de alcantarillado				
2000	6,033	3,629	9,662	
2005	6,197	6,379	12,576	
2010	5,437	8,701	14,138	
2015	3,328	10,443	13,771	

#### 1.4.4 CANTIDAD Y CARACTERÍSTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES INFLUENTES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Se ha estimado la cantidad y calidad de las aguas residuales industriales que puedan entrar en el sistema de alcantarillado según cada Distrito de Alcantarilla, tal como se indica en la siguiente tabla. Con respecto a las aguas residuales domésticas, se ha estimado por la población con servicio multiplicándolo por la producción de dichas aguas per cápita, para el caudal diario promedio, máximo por día y máximo por hora.

La cantidad de aguas residuales industriales ha sido estimada según los Distritos de Alcantarillado en base a la suma de dichas aguas descargadas a las alcantarillas, mientras que la calidad se ha estimado en base a las cargas residuales influentes a cada Distrito de Alcantarillado. Después, éstas han sido divididas en función del caudal diario promedio de aguas residuales, a fin de estimar la calidad media de dichas aguas, en base a la cual han sido estimadas las características de las aguas residuales que entran a las WWTPs. Se ha calculado la cantidad total de aguas residuales y cargas contaminantes influentes a las WWTPs, tal como indican las siguientes tablas.

**Totalidad de las Aguas Residuales Influentes en los Sistemas de Alcantarillados (m<sup>3</sup>/día)**

Tipo de Caudal/ Distrito	2000	2005	2010	2015
<b>1. Caudal diario promedio de aguas residuales</b>				
Rafey	65,640	87,210	113,970	145,520
Cienfuegos	5,740	7,820	10,110	12,750
Los Salados	3,910	5,290	6,770	8,490
Embrujo	4,540	5,920	7,490	9,200
Zona Sur	5,310	7,220	9,340	11,840
Herradura	1,110	3,430	6,340	9,930
Subtotal	86,250	116,890	154,020	197,730
Tamboril	2,480	4,050	5,960	8,470
Licey	0	0	1,380	2,690
<b>Total del caudales diarios promedios</b>	<b>88,730</b>	<b>120,940</b>	<b>161,360</b>	<b>208,890</b>
<b>2. Caudal diario máximo de aguas residuales</b>				
Rafey	75,710	99,750	131,730	170,170
Cienfuegos	6,700	9,060	11,830	15,090
Los Salados	4,550	6,110	7,910	10,020
Embrujo	5,360	6,940	8,900	11,040
Zona Sur	6,270	8,470	11,080	14,190
Herradura	1,250	3,950	7,420	11,780
Subtotal	99,840	134,280	178,870	232,290
Tamboril	2,900	4,710	7,020	10,090
Licey	0	0	1,590	3,170
<b>Total del caudales diarios máximos</b>	<b>102,740</b>	<b>138,990</b>	<b>187,480</b>	<b>245,550</b>
<b>3. Caudal Máximo por hora</b>				
Rafey	116,180	155,580	202,260	256,520
Cienfuegos	10,050	13,780	17,710	22,230
Los Salados	6,850	9,330	11,900	14,830
Embrujo	7,830	10,280	12,950	15,830
Zona Sur	9,180	12,560	16,170	20,380
Herradura	1,990	6,080	11,130	17,260
Subtotal	152,080	207,610	272,120	347,050
Tamboril	4,330	7,100	10,400	14,680
Licey	0	0	2,460	4,710
<b>Total del caudal máximo por hora</b>	<b>156,400</b>	<b>214,710</b>	<b>284,980</b>	<b>366,440</b>

**Totalidad de Cargas de Aguas Residuales Influentes en Sistemas de Alcantarillado**

(m<sup>3</sup>/día)

Distrito	Influyente Prom.	DBO5		SS		T-N		T-P	
	(m3/d)	(mg/L)	(kg/d)	(mg/L)	(kg/d)	(mg/L)	(kg/d)	(mg/L)	(kg/d)
I. Año 2000									
1. Rafey	65,640	151	9,891	169	11,114	32	2,076	2.6	170
2. Cienfuegos	5,740	142	815	172	987	32	182	2.3	13
3. Los Salados	3,910	145	568	167	652	32	127	2.3	9
4. Embrujos	4,540	136	618	159	721	32	144	1.8	8
5. Zona Sur	5,310	137	725	159	845	32	169	1.9	10
6. Herradura	1,110	155	172	155	172	32	36	2.7	3
7. Tamboril	2,480	151	375	176	436	32	80	2.4	6
8. Licey	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>88,730</b>	<b>148</b>	<b>13,164</b>		<b>14,927</b>	<b>32</b>	<b>2,814</b>	<b>2.5</b>	<b>219</b>
II. Año 2005									
1. Rafey	87,210	158	13,791	184	16,016	34	2,970	3.0	259
2. Cienfuegos	7,820	149	1,165	186	1,456	35	270	2.7	21
3. Los Salados	5,290	152	806	181	955	35	187	2.8	15
4. Embrujos	5,920	143	848	174	1,028	35	206	1.8	13
5. Zona Sur	7,220	144	1,038	174	1,255	35	252	1.9	16
6. Herradura	3,430	154	528	180	618	35	120	2.7	10
7. Tamboril	4,050	156	633	182	760	35	141	2.4	11
8. Licey	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>		<b>156</b>	<b>18,809</b>	<b>188</b>	<b>22,088</b>	<b>34</b>	<b>4,146</b>	<b>2.9</b>	<b>345</b>
III. Año 2010									
1. Rafey	113,970	167	19,001	195	22,227	33	3,746	2.9	329
2. Cienfuegos	10,110	158	1,602	198	2,005	33	335	2.5	25
3. Los Salados	6,770	162	1,097	193	1,306	34	231	2.8	19
4. Embrujos	7,490	154	1,154	187	1,404	33	250	2.1	16
5. Zona Sur	9,340	154	1,442	187	1,751	33	312	2.0	19
6. Herradura	6,340	161	1,023	192	1,217	34	214	2.5	16
7. Tamboril	5,960	165	982	199	1,186	33	199	2.5	15
8. Licey	1,380	164	227	197	272	34	47	2.9	4
<b>Total</b>	<b>161,360</b>	<b>164</b>	<b>26,528</b>	<b>194</b>	<b>31,368</b>	<b>33</b>	<b>5,334</b>	<b>2.7</b>	<b>443</b>
IV. Año 2015									
1. Rafey	145,520	171	24,814	205	29,823	35	5,119	3.1	448
2. Cienfuegos	12,750	164	2,086	209	2,666	36	454	2.7	35
3. Los Salados	8,490	167	1,415	204	1,729	36	308	2.9	25
4. Embrujos	9,200	160	1,472	200	1,840	36	331	2.4	22
5. Zona Sur	11,840	160	1,896	200	2,365	36	426	2.4	28
6. Herradura	9,930	165	1,639	203	2,013	36	359	2.7	27
7. Tamboril	8,470	169	1,426	209	1,768	36	305	2.7	23
8. Licey	2,690	166	446	204	550	36	96	3.0	8
<b>Total</b>	<b>208,890</b>	<b>168</b>	<b>35,194</b>	<b>205</b>	<b>42,754</b>	<b>35</b>	<b>7,398</b>	<b>2.9</b>	<b>616</b>

**1.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

**1.5.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE**

**(1) Sistema de Recolección de Aguas Residuales**

En la ciudad de Santiago se han extendido gradualmente las redes de alcantarillado por separado, principalmente las de flujo por gravedad, a partir de la década de los 70. El sistema actual de alcantarillado se compone de i) las alcantarillas reticulares de 781 km de longitud, que consisten principalmente en tubos de concreto de 200 mm de diámetro para recolectar aguas residuales domésticas, y ii) alcantarillas subprincipales y principales de 58.3 km de longitud, que consisten en tubos de concreto, polietileno o concreto reforzado con un diámetro de 12" a 70" (305 – 1,750mm). La ciudad de Tamboril cuenta con la red de alcantarillas de tipo gravedad, principalmente con tubos de concreto de 200 mm de diámetro, mientras que la ciudad de Lincey aún no dispone de sistema de alcantarillado.

El sistema de alcantarillado de la ciudad de Santiago actualmente tiene cuatro estaciones de bombeo (EB-1, EB-2, Otra Band y Zerro Alto). La EB-No.1 y la EB-No.2 no cuentan apenas con bombas ni facilidades auxiliares operables, y se encuentran fuera de servicio desde hace mucho tiempo. Las otras dos estaciones tampoco han funcionado correctamente debido a los frecuentes fallos eléctricos y a la deficiencia de los equipos. Como consecuencia de esto, la mayoría de las aguas residuales crudas influentes que entran en estas estaciones suele descargarse directamente a los canales de desagüe cercanos.

## (2) Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales

Actualmente existen ocho WWTPs dentro del Area de Estudio, siete plantas en Santiago y una en Tamboril. Cinco de entre las siete plantas son de proceso de lodo activado. La primera planta fue construida en 1976 en Rafey, y la segunda en 1980 en Embrujo. Posteriormente, tres plantas de la misma dimensión y configuración fueron construidas entre los años 1994 y 1997 (en Cienfuegos, Salados y Tamboril). En la planta de Embrujo, de acuerdo con su programa de expansión, parte de las obras civiles de las estructuras adicionales se finalizó en 1996. Sin embargo, aún no se han instalado algunas facilidades y equipos, y se ha dejado el sistema en conjunto sin utilizar.

Las funciones y la capacidad de tratamiento de cada planta han sido revisadas en base a los datos e información obtenidos, así como a los resultados de inspecciones in situ. Tal como se indica a continuación, las principales razones del funcionamiento insuficiente de las plantas se deben principalmente a los equipos obsoletos y deficientes, así como a los fallos eléctricos. Las plantas de Cienfuegos y de los Salados han sido evaluadas prácticamente fuera de servicio, como consecuencia de las operaciones de baja eficiencia debida a los fallos eléctricos y equipos defectuosos.

### Capacidad de Tratamiento y Cantidad de Aguas Residuales Tratadas en las Plantas Existentes de Tratamiento de Lodos Activados

WWTP	Año de construcción	Capacidad de Tratamiento (m <sup>3</sup> /día)		Aguas Residuales Actualmente Tratadas ( m <sup>3</sup> /día )
		CORAASAN	Equipo de Estudio*	
1. Rafey	1976	77,800	35,800	25,000
2. Cienfuegos	1994	15,100	10,000	0
3. Los Salados	1995	15,100	10,000	0
4. Embrujo	1980s	7,000	-	3,300
5. Tamboril	1997	15,100	10,000	6,900

\* Más detalles sobre la evaluación de capacidad de tratamiento están descritos en el Informe Principal (4.4 Evaluación de WWTP Existente).

Con respecto a las tres plantas restantes existentes, dos son de tanque Imhoff y una es de sistema de tanque de estabilización, siendo la capacidad de tratamiento de estas plantas pequeña, de 1,700 a 3,500 m<sup>3</sup>/día. El tanque Imhoff es para realizar el proceso de tratamiento primario, por lo que se prevé abandonarlo cuando en el futuro el área de servicio de alcantarillado correspondiente sea integrada en el Distrito de Alcantarillado Rafey. El sistema de tanque de

estabilización, ubicado dentro del campus de una universidad, seguirá utilizándose sólo para tratar las aguas residuales universitarias.

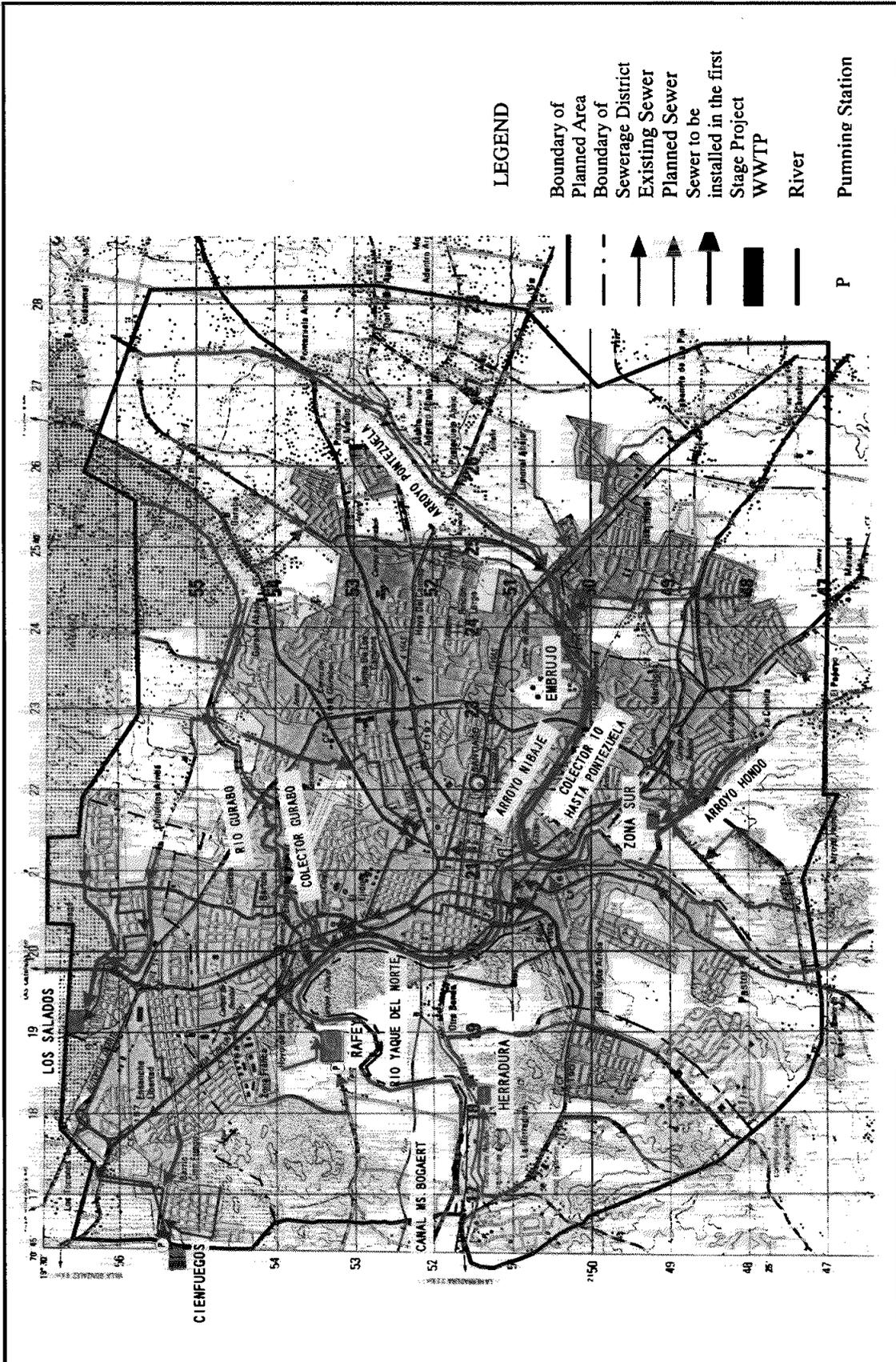
Debido a que el actual sistema de alcantarillado sanitario cubre la mayoría de las áreas urbanas de la ciudad de Santiago, el programa de mejoramiento del alcantarillado propuesto es para promover el aprovechamiento continuo de dicho sistema al máximo. Según este programa, todas las alcantarillas existentes deben ser conectadas con las alcantarillas principales/interceptoras para recolectar todas las aguas residuales (condición definitiva). Por otra parte, sólo aquellas WWTPs seleccionadas serán rehabilitadas y ampliadas consistentemente de acuerdo con el incremento de aguas residuales influentes.

### **1.5.2 PLAN DE MEJORAMIENTO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

El programa de mejoramiento del alcantarillado contempla que todas las alcantarillas existentes se conecten con el alcantarillado principal/recolector, de modo que la totalidad de las aguas residuales pueda ser recolectada por la red de alcantarillas y tratada con seguridad en las WWTPs. La magnitud de este programa requiere una gran inversión de capitales, y no se podrá completar antes del año 2015. Por lo tanto, se han seleccionado las facilidades componentes del sistema de alcantarillado que deberán ser provistas hasta el 2015 entre las requeridas en último lugar, siguiendo los siguientes criterios de prioridad:

- (1) Mejoramiento de las condiciones de vida y sanitarias.
- (2) Mejoramiento de las condiciones medioambientales del agua, directamente relacionadas con los residentes o con los cuerpos de agua de las proximidades.
- (3) Reducción de las cargas residuales influentes al Río Yaque del Norte.

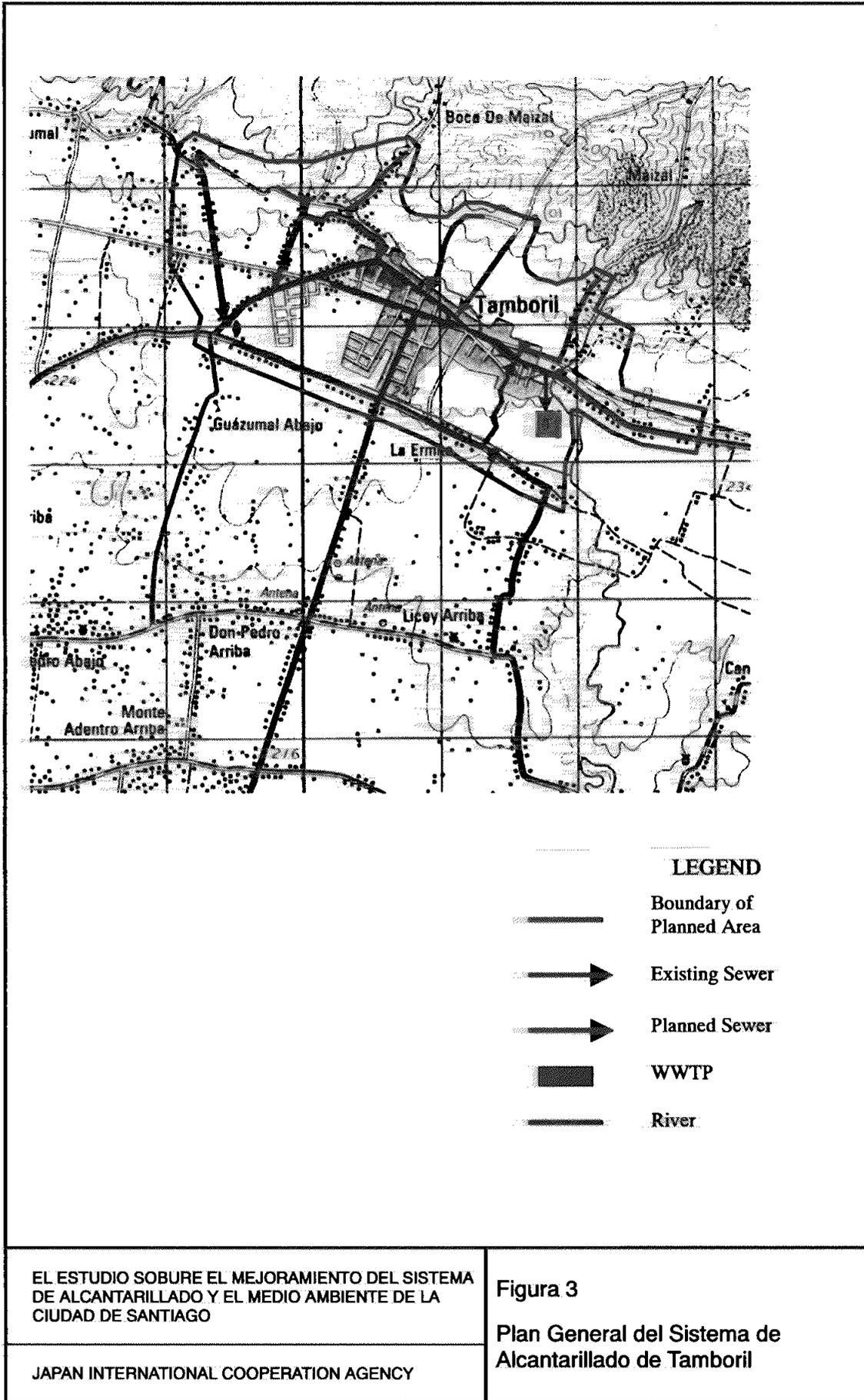
Desde el punto de vista de los criterios arriba indicados, se ha determinado el concepto de planificación, incluyendo i) el aprovechamiento máximo de las alcantarillas existentes proviendo alcantarillas recolectoras/interceptoras, a fin de extender el servicio de alcantarillado, y ii) la rehabilitación y expansión de la mayor parte de las WWTPs. Subsiguientemente, las facilidades de alcantarillado a ser provistas antes del 2015 han sido seleccionadas como facilidades componentes bajo el Proyecto del Plan Maestro. Las facilidades mencionadas se describirá en siguientes párrafos. En las Figuras 2 y 3 se muestra la ubicación de dichas facilidades.



EL ESTUDIO SOBURE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 2 Plan General del Sistema de Alcantarillado en la Ciudad de Santiago



EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

Figura 3  
Plan General del Sistema de Alcantarillado de Tamboril

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

(1) Alcantarillas

Se resume en la tabla de abajo el plan de implementación de facilidades del alcantarillado.

**Programa de Mejoramiento del sistema de Alcantarillado Propuesto para el 2015**

Alcantarillados por Distrito	Longitud del Alcantarillado (km)		
	Alcantarilla Ramificación/lateral	Alcantarilla Principal/subprincipal	Total
1. Rafey	46.8	38.0	84.8
2. Embrujo	2.5	3.8	6.3
3. Cienfuegos	2.6	0.6	3.2
4. Los Salados	1.6	4.2	5.8
5. Zona Sur	2.3	3.6	5.9
6. Herradura	5.1	7.9	13.0
7. Tamboril	5.1	1.4	6.5
Total	66.0	59.5	125.5

Debe notarse que los que desarrollan viviendas tienen que construir las necesarias redes de alcantarillas ramales/laterales para recolectar las aguas residuales domésticas y conducirlos a su lugar de descarga (principalmente al río más próximo), y a continuación, CORAASAN provee las alcantarillas principales/subprincipales necesarias para la recolección de estas aguas. En principio, CORAASAN no tiene que cubrir tales costos de construcción, sin embargo, puede haber casos en que CORAASAN necesite instalar dichas redes para que sean recolectadas debidamente las aguas residuales domésticas. Por esta razón, CORAASAN podría necesitar construir el 10 por ciento de estas redes, encontrándose dichos costos incluidos en el programa de implementación propuesto en el Plan Maestro. (2) Estaciones de bombeo

En orden de integrar o desviar las aguas residuales en algunos distritos pequeños hacia el nuevo sistema de alcantarillado, la construcción, la rehabilitación, y los trabajos de demolición de las estaciones de bombeo están incluidas en el programa de mejoramiento siguiente:

**Programa de Mejoramiento de las Estaciones de Bombeo Propuestas para el 2015**

Estaciones de Bombeo por Distrito	Capacidad	Comentarios
1. Distrito de Alcantarillado Rafey		
Rehabilitación de las dos estaciones existentes	0.43 m3/min.	Otra Banda y Cerro Alto
Construcción de una nueva estación	9.20 m3/min.	
2. Distrito de Alcantarillado Cienfuegos		
Construcción de una estación	7.60 m3/min.	
3. Distrito de Alcantarillado Zona Sur		
Demolición de las dos estaciones existentes	0.43, 0.66 m3/min.	EB No.1 y No.2

**1.5.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Debido a las limitaciones financieras esperadas, todas las rehabilitaciones y construcciones de WWTP, para que alcancen óptimas condiciones, difícilmente estarán incluidas en el programa presente del 2015. Consecuentemente, solamente las mejoras más urgentes requeridas por las WWTP serán seleccionadas para la implementación del 2015 bajo el presente Programa, el cual compromete los siguientes trabajos:

**Programa de Mejoramiento de WWTPs para el 2015**

<b>WWTP</b>	<b>Capacidad de Tratamiento (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>Comentarios</b>
1. WWTP Rafey	Total: 71,600 m <sup>3</sup> /día	Definitiva: 170,100 m <sup>3</sup> /día
Rehabilitación de facilidad existente	35,800 m <sup>3</sup> /día	
Construcción de una fase de la facilidad	35,800 m <sup>3</sup> /día	
2. WWTP Embrujo	Total: 11,000 m <sup>3</sup> /día	
Rehabilitación de facilidad existente	11,000 m <sup>3</sup> /día	
3. WWTP Cienfuegos	Total: 10,000 m <sup>3</sup> /día	Definitiva: 15,100 m <sup>3</sup> /día
Rehabilitación de facilidad existente	10,000 m <sup>3</sup> /día	
4. WWTP Los Salados	Total: 10,000 m <sup>3</sup> /día	
Rehabilitación de facilidad existente	10,000 m <sup>3</sup> /día	
5. Tamboril	Total: 10,000 m <sup>3</sup> /día	
Rehabilitación de facilidad existente	10,000 m <sup>3</sup> /día	
6. WWTP Zona Sur	Total: 10,000 m <sup>3</sup> /día	Definitiva: 15,000 m <sup>3</sup> /day
Construcción de nueva planta	10,000 m <sup>3</sup> /día	
7. WWTP Herradura	Ninguna implementación	Definitiva: 12,000 m <sup>3</sup> /día
8. WWTP Licey	Ninguna implementación	Definitiva: 3,200 m <sup>3</sup> /día

**1.6 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL ALCANTARILLADO POR ETAPA**

**1.6.1 POLÍTICA DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL ALCANTARILLADO POR ETAPAS**

Con el objeto de utilizar la cantidad limitada de fondos de manera eficiente, se ha evaluado cada uno de los distritos de alcantarillado en cuanto a la efectividad del mejoramiento medioambiental mediante la implementación del sistema de alcantarillado. En el curso de la preparación de los programas de implementación, se ha determinado la prioridad de los componentes del sistema en cada distrito de alcantarillado considerando los siguientes criterios de selección:

- (1) Contribución al mejoramiento de las condiciones de vida/sanitarias en las áreas de servicio del alcantarillado;
- (2) Contribución al mejoramiento de las condiciones medioambientales del agua directamente relacionadas con los residentes de los alrededores;
- (3) Nivel de la reducción de cargas contaminantes a ser logrado en cada distrito de alcantarillado, en relación al Río Yaque del Norte, mediante la provisión del mejoramiento del sistema de alcantarillado;
- (4) Mejoramiento rápido esperado del medio ambiente; y
- (5) Posibilidad de uso efectivo de las facilidades de alcantarillado existentes.

**Evaluación sobre los Efectos de Mejoramiento mediante la Provisión del Sistema de Alcantarillado en Cada Distrito y la Prioridad de Implementación (1/2)**

Distrito de Alcantarillado	Bases de Planificación	Mejoramiento de la Calidad de Vida y del Medio Ambiente	Mejoramiento Medioambiental del Agua en los Cauces Próximos	Reducción de Cargas Contaminantes al Río Yaque del Norte	Efectos Rápidos en la Mejora del Medio Ambiente y Uso Efectivo de las Facilidades Existentes de Alcantarillado	Fundamentos del Plan de Implementación por Etapas
1.1 Rafey	<p>La población prevista con servicio de alcantarillado se incrementará en unas 241,200 personas, de las 251,800 de la actualidad (año 2000) a 493,000 para el año 2015. El porcentaje de la población servida, en comparación con la población total de los seis distritos con sistema de alcantarillado de la Ciudad de Santiago, es del 74% en la actualidad y será del 71% en el año 2015.</p> <p>Las aguas residuales recolectadas mediante las alcantarillas (flujo diario promedio del diseño) se incrementarán en 79,880 m<sup>3</sup>/día, alcanzando 145,520 m<sup>3</sup>/día en el año 2015. La tasa de recolección de aguas residuales, en comparación con la cantidad total de los seis distritos de alcantarillado ubicados dentro del área tributaria del Río Yaque del Norte, alcanza un 76% y 74% en la actualidad y en el año 2015, respectivamente. Las cargas totales BOD recolectadas por las alcantarillas se incrementarán en 14,923 kg./día, alcanzando 24,814 kg./día en el año 2015. Los seis distritos de la Ciudad de Santiago recolectan un total del 77% de las cargas contaminantes en la actualidad, que será del 74% en el año 2015.</p>	<p>Este distrito es el más grande entre todos los distritos de la ciudad de Santiago en cuanto a la población con servicio y a la cantidad de aguas residuales recolectadas. Consecuentemente, este distrito puede contribuir enormemente al mejoramiento de las condiciones de vida de los residentes y del medio ambiente.</p>	<p>En este distrito se prevé recolectar las aguas residuales de las áreas que se extienden a lo largo del Río Nibaje y de aguas arriba del Río Pontezuela (que atraviesa de este a sur de la ciudad). Por lo tanto, se dejará de evacuar las aguas residuales en dichos ríos, lo cual contribuirá enormemente al mejoramiento de la calidad del agua en ellos.</p>	<p>Con respecto a la reducción de cargas contaminantes, este distrito es el más grande entre todos los distritos de alcantarillado de Santiago. La reducción de dichas cargas puede ser realizada con métodos eficientes agregando las facilidades de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con el incremento del caudal de dichas aguas. La expansión del sistema de WWTP está limitada por el Plan Maestro, debido a la limitación financiera, por lo que no se puede esperar una gran reducción de cargas contaminantes mediante la WWTP de Rafey. Sin embargo, la WWTP descarga las aguas hacia aguas abajo del Río Yaque del Norte, por lo que se puede evitar el impacto en las condiciones medioambientales de vida de los residentes.</p>	<p>Será posible el mejoramiento rápido de las condiciones medioambientales de vida y agua mediante la provisión de nuevas alcantarillas en la parte alta de las existentes. Además, cuando se rehabilite la WWTP de Rafey, se incrementará la eficiencia de tratamiento, siendo posible la operación estable incluso durante los fallos eléctricos, por lo que se puede esperar la reducción rápida y estable de las cargas contaminantes. El uso efectivo de las actuales facilidades de alcantarillado puede ser logrado mediante la rehabilitación de las facilidades existentes y el aseguramiento de la operación efectiva y estable, así como mediante la conexión de las redes existentes con las alcantarillas públicas y la extensión de las áreas de servicio de alcantarillado.</p>	<p>Se instalarán nuevas alcantarillas principales desde la parte baja de WWTP. Particularmente, se dará la prioridad al "Colector 10" de la parte este del distrito. Después de esto, se conectarán las alcantarillas subprincipales y ramales con las principales gradualmente, de acuerdo con la expansión de áreas de servicio. La modernización y extensión de WWTP será planificada teniendo en cuenta los fondos disponibles y el tiempo oportuno de inversión.</p>
1.2 Cienfuegos	<p>La población prevista con servicio se incrementará en 22,900 personas, de las 23,900 de la actualidad a 46,800 para el año 2015. En los distritos de alcantarillado, con la excepción de Rafey, incluido este distrito, el incremento de la población con servicio no es significativo, y el diagrama del incremento de la población servida será casi el mismo.</p> <p>La cantidad de aguas residuales recolectadas por las alcantarillas se incrementará en 7,010 m<sup>3</sup>/día, alcanzando 12,750 m<sup>3</sup>/día en el año 2015. Las cargas BOD recolectadas por las alcantarillas también se incrementarán en 1,271 kg./día, alcanzando el nivel de 2,086 kg./día.</p>	<p>La contribución de este distrito al mejoramiento medioambiental/sanitario podría estar más o menos en el mismo nivel que otros distritos, con la excepción del distrito de Rafey.</p>	<p>Las alcantarillas principales han sido ya instaladas en este distrito. El plan de reconstrucción del alcantarillado que se encuentra en proceso servirá para incrementar la actual capacidad insuficiente de conducción, por lo que se ampliarán las áreas de servicio, así como se mejorará el nivel de servicio. El retraso de la provisión del alcantarillado puede dar lugar al deterioro del medio ambiente de las áreas colindantes y de su agua.</p>	<p>Las cargas contaminantes evacuadas actualmente en el río podrán ser reducidas mediante la rehabilitación y reparación de las facilidades de WWTP, así como mediante la práctica de las operaciones adecuadas. El Río Jacagua, receptor de los efluentes de WWTP, vierte su agua en aguas abajo del Río Yaque del Norte, fuera de los distritos urbanos, y la WWTP cuenta con una capacidad de tratamiento mediana, razón por la que la contribución al mejoramiento de la calidad del agua del río será relativamente limitada.</p>	<p>Se espera la reducción rápida de cargas contaminantes mediante la rehabilitación adecuada de la WWTP que se encuentra actualmente fuera de servicio. Además, las áreas de servicio pueden ser fácilmente extendidas mediante la adición de nuevas alcantarillas principales al sistema de recolección existente. De este modo, las condiciones medioambientales de vida y agua en las áreas próximas pueden ser mejoradas. Asimismo, se puede llevar a cabo un plan de aprovechamiento total de las facilidades actuales mediante la rehabilitación de WWTP, la consecuente mejora de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales y una operación estable.</p>	<p>Para incrementar la capacidad del sistema existente de alcantarillado en forma inmediata, primero se proveerán las alcantarillas, y después las estaciones de bomba adicionales, respondiendo a las necesidades de expansión de áreas de servicio. La WWTP debe ser rehabilitada cuanto antes para asegurar la operación practicable y estable.</p>
1.3 Los Salados	<p>La población prevista con servicio se incrementará en 14,600 personas, de las 16,000 de la actualidad a 30,600 para el año 2015. En los distritos de alcantarillado, con la excepción de Rafey, incluido este distrito, el incremento de la población con servicio no es significativo, y el diagrama del incremento de la población servida será casi el mismo.</p> <p>La cantidad de aguas residuales recolectadas por las alcantarillas se incrementará en 4,580 m<sup>3</sup>/día, alcanzando 8,490 m<sup>3</sup>/día en el año 2015. Las cargas BOD recolectadas por las alcantarillas también se incrementarán en 847 kg./día, alcanzando el nivel de 1,415 kg./día.</p>	<p>La contribución de este distrito al mejoramiento medioambiental/sanitario podría estar más o menos en el mismo nivel que otros distritos, con la excepción del distrito de Rafey.</p>	<p>Se espera que el estado muy contaminado del agua del Río Jacagua mejore considerablemente, ya que las aguas residuales actualmente descargadas a este río serán interceptadas y enviadas a la WWTP mediante las alcantarillas principales. El problema de la contaminación del agua del río será solucionado por la prevención de la actual evacuación sin control de basura en los ríos.</p>	<p>Las cargas contaminantes evacuadas en el río podrán ser reducidas mediante la rehabilitación y reparación de las facilidades actuales de WWTP, así como mediante la práctica de las operaciones adecuadas. El Río Jacagua, receptor de los efluentes de WWTP, vierte su agua en aguas abajo del Río Yaque del Norte, fuera de los distritos urbanos, y la WWTP cuenta con una capacidad de tratamiento mediana, razón por la que la contribución al mejoramiento de la calidad del agua del río será relativamente limitada.</p>	<p>Se puede esperar la reducción rápida y estable de las cargas contaminantes mediante la rehabilitación apropiada de WWTP, cuya operación ha sido suspendida. Existe un plan futuro de agregar alcantarillas principales al sistema actual, mediante el cual se espera la extensión de áreas de servicio y el incremento de la capacidad de conducción del alcantarillado. De esta forma, se puede promover el uso efectivo del sistema actual de alcantarillado.</p>	<p>Se deberán colocar las alcantarillas principales lo más pronto posible para prevenir la descarga de aguas residuales crudas al Río Jacagua. La WWTP debe ser rehabilitada sin retraso para asegurar su operación estable.</p>

Nota: Clasificación por el grado de efectividad ●Excelente, ○Bueno, △Bueno, pero de bajo efecto, ×Sin efecto, —Descalificado

**Evaluación sobre los Efectos de Mejoramiento mediante la Provisión del Sistema de Alcantarillado en Cada Distrito y la Prioridad de Implementación (2/2)**

Distrito de Alcantarillado	Bases de Planificación	Mejoramiento de la Calidad de Vida y del Medio Ambiente	Mejoramiento Medioambiental del Agua en los Cauces Próximos	Reducción de Cargas Contaminantes al Río Yaque del Norte	Efectos Rápidos en la Mejora del Medio Ambiente y Uso Efectivo de las Facilidades Actuales de Alcantarillado	Fundamentos del Plan de Implementación por Etapas
1.4 Embrujó	La población actual con servicio, de 20,600 personas se estima que se incrementará en 16,200, alcanzando 36,800 en el año 2015. La cantidad de aguas residuales a ser recolectadas por las alcantarillas se incrementará en 4,660m <sup>3</sup> /día, alcanzando 9,200 m <sup>3</sup> /día en el año 2015. Las cargas de BOD recolectadas por las alcantarillas se incrementarán también en 854kg/día, alcanzando el nivel de 1.472kg/día.	La contribución de este distrito al mejoramiento medioambiental/sanitario podría estar más o menos en el mismo nivel que otros distritos, con la excepción del distrito de Rafey.	Se espera que el agua contaminada del Río Nibaje mejore considerablemente, ya que las aguas residuales actualmente descargadas a este río serán interceptadas y enviadas a la WWTP mediante las nuevas alcantarillas principales.	Las cargas contaminantes pueden ser reducidas mediante la rehabilitación de las facilidades y la provisión de los equipos de la planta, junto con la operación adecuada. El Río Nibaje, receptor de los efluentes de WWTP, está ubicado en las aguas arriba del Río Yaque del Norte, y la WWTP cuenta con una capacidad de tratamiento mediana, razón por la que la contribución de este distrito al mejoramiento de la calidad del agua del río parece ser no tan significativa.	En la actualidad, sólo la antigua WWTP (3,300m <sup>3</sup> /día) construida en 1980 está en operación. La nueva WWTP ha sido abandonada después de haberse construido sólo parte de las estructuras civiles. Para completar la WWTP y empezar su operación, se requieren obras de rehabilitación y reparación de gran magnitud, lo cual supone un largo plazo de tiempo para su conclusión. Por esta razón, no se puede esperar efectos rápidos para el mejoramiento de la calidad del agua.	Las alcantarillas serán instaladas de inmediato para que se pueda utilizar la WWTP existente en forma eficiente. Otras facilidades serán provistas por etapas, de acuerdo con la expansión de áreas de servicio.
1.5 Zona Sur	La población actual con servicio, de 24,000 personas se estima que se incrementará en 23,100, alcanzando 47,100 en el año 2015. La cantidad de aguas residuales a ser recolectadas por las alcantarillas se incrementará en 6,530m <sup>3</sup> /día, alcanzando 11,840m <sup>3</sup> /día en el año 2015, mientras que las cargas de BOD actualmente recolectadas por las alcantarillas se incrementarán también en 1,171kg/día, alcanzando el nivel de 1,896kg/día.	La contribución de este distrito al mejoramiento medioambiental/sanitario podría estar más o menos en el mismo nivel que otros distritos, con la excepción del distrito de Rafey.	Se espera que el agua muy contaminada del Río Hondo mejore considerablemente cuando las aguas residuales actualmente descargadas en el río puedan ser interceptadas y enviadas a la WWTP mediante las nuevas alcantarillas principales.	Las cargas contaminantes podrán ser reducidas mediante la construcción de una nueva WWTP con una operación adecuada. El Río Hondo, que recibe los efluentes de WWTP, confluye con las aguas más arriba del Río Yaque. Por lo tanto, se considera que la contribución de este distrito al mejoramiento de la calidad de agua será efectiva, aunque la capacidad de tratamiento de WWTP no es tan grande.	El mejoramiento rápido del agua de Río Hondo puede ser logrado mediante la provisión de nuevas alcantarillas principales y su conexión con las redes existentes. De este modo, se puede prevenir la descarga de aguas residuales sin tratamiento al río.	Debe ser realizada la provisión rápida de alcantarillas principales y la nueva WWTP para mejorar las condiciones sanitarias y calidad del agua. De este modo, se puede controlar la contaminación del agua de la parte alta del Río Yaque del Norte. Después de esto, se fortalecerán otras facilidades, de acuerdo con la expansión de áreas de servicio.
1.6 Heradura	La población con servicio de alcantarillado se estima que se incrementará en 33,400 personas en el año 2015, de 3,600 de la actualidad a 37,000. La cantidad de aguas residuales a ser recolectada por las alcantarillas se incrementará en 8,820 m <sup>3</sup> /día en el año 2015, siendo de 9,930 m <sup>3</sup> /día en total. La cantidad de BOD a ser recolectada por las alcantarillas también se incrementará en 1,467 kg/día sobre el nivel actual, alcanzando 1,639 kg/día.	La contribución de este distrito al mejoramiento medioambiental/sanitario podría estar más o menos en el mismo nivel que otros distritos, con la excepción del distrito de Rafey. Sin embargo, este distrito probablemente se desarrollará como área urbana en el futuro, por lo que la provisión del sistema de alcantarillado puede contribuir también al mejoramiento del medio ambiente.	Este distrito se espera que se desarrolle como área de urbanización en el futuro, por lo que se espera también el mejoramiento de las condiciones medioambientales del agua en las áreas próximas.	Los efluentes de WWTP deben ser descargados en el Río Yaque de Norte, parte baja de WWTP de Rafey. Por lo tanto, es poco probable que la WWTP pueda contribuir al mejoramiento de la calidad del agua de dicho río.	La construcción de WWTP no está considerada en el plan de implementación, por lo que resulta casi imposible el mejoramiento rápido del medio ambiente. No se puede esperar tampoco el uso efectivo de las facilidades existentes, siendo muy escaso el número de las alcantarillas actuales.	Se proveerán las facilidades necesarias, según la urbanización futura.
2. Tamboril	La población con servicio de alcantarillado se estima que se incrementará en 22,000 personas, de las 10,500 de la actualidad a 32,500 en el año 2015. La cantidad de aguas residuales a ser recolectadas por las alcantarillas será de 8,470m <sup>3</sup> /día en el año 2015, incrementándose en 5,990m <sup>3</sup> /día. La cantidad de BOD también se incrementará en 1,051kg/día sobre el nivel actual, alcanzando 1,426 kg/día.	La contribución de este distrito al mejoramiento medioambiental/sanitario podría estar más o menos en el mismo nivel que otros distritos, con la excepción del distrito de Rafey.	Están instaladas las alcantarillas en el centro urbano, y las aguas residuales se transportan a la WWTP. Por lo tanto, el futuro mejoramiento medioambiental del agua se limitará a las áreas de servicio.	Este distrito está situado en el área tributaria del Río Yuna, fuera del área del Río Yaque del Norte, y no habrá contribución a la reducción de cargas contaminantes del Río Yaque del Norte.	La actual WWTP, aunque se encuentra en operación, requiere rehabilitación y reparación para asegurar una operación eficiente y estable. Se puede lograr el uso efectivo del sistema de alcantarillado existente mediante la construcción de nuevas alcantarillas, que se integrarán en las redes actuales y se conectarán con la WWTP rehabilitada.	Las obras necesarias para la rehabilitación de WWTP deben ser realizadas a fin de asegurar la operación estable de la planta. Después de esto, se instalarán las alcantarillas principales para extender las áreas de servicio. Para este fin, se requiere utilizar la WWTP en forma eficiente.
3. Licey	La población con servicio se estima que se incrementará a 9,600 personas en el año 2015. La cantidad de aguas residuales a ser recolectadas por las alcantarillas será de 2,690m <sup>3</sup> /día en el año 2015. La cantidad de BOD influente a las alcantarillas también se incrementará, alcanzando 446 kg/día en el año 2015.	Cuando se instale el sistema de alcantarillado, su impacto será enorme, y se puede esperar el mejoramiento medioambiental de la calidad de las aguas de los alrededores.	Mediante la provisión del sistema de alcantarillado se espera el mejoramiento medioambiental de agua de las áreas próximas.	Este distrito está situado en el área tributaria del Río Yuna, fuera del área del Río Yaque del Norte, y no habrá contribución a la reducción de cargas contaminantes del Río Yaque del Norte.	Se trata de un distrito nuevo, por lo que está fuera de lugar hablar de los efectos rápidos derivados de la provisión de alcantarillado o del uso efectivo del sistema existente.	Es muy difícil justificar la inversión para la implementación de alcantarillado en este distrito, debido a la limitación financiera actual y a su ubicación fuera del área tributaria del Río Yaque de Norte. Por estas razones, la implementación será aplazada hasta después del año 2015.

Nota: Clasificación por el grado de efectividad ●Excelente, ○Bueno, △Bueno, pero de bajo efecto, ×Sin efecto, -Descalificado

## **1.6.2 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN POR ETAPA**

### **(1) Etapas**

En vista de la prioridad de la implementación y varios otros factores inherentes en el área, el programa completo de implementación del alcantarillado de 13 años es dividido en tres etapas de construcción consecutiva, empezando en el 2003 y durando hasta el 2015.

La Primera Etapa del Programa es un programa de emergencia, el cual se concentra en la rehabilitación de las WWTPs existentes, incluyendo las construcciones de conexión principal/intercepciones de alcantarillas, en un período de más de cuatro años hasta el final del 2006. Durante las subsiguientes Segunda y Tercera Etapas del año 2007 al 2015, los trabajos del proyecto comprometen la construcción y expansión de las WWTPs.

### **(2) Primera Etapa del Programa (2003 al 2006)**

La Primera Etapa del Programa, con un período alrededor de cuatro años, abarcando la rehabilitación de las WWTPs de Rafey, Cienfuegos y Los Salados; y la construcción de las WWTPs de Zona Sur, junto con alrededor de 36.6 Kms de alcantarillas. La Primera Etapa del Programa comprometerá los siguientes componentes:

#### **Los Componentes en la Primera Etapa del Programa**

<b>Distrito</b>	<b>Sistema de Recolección</b>	<b>WWTPs</b>
1. Rafey	Construcción de 22.8 km de alcantarillas Rehabilitación de Estaciones de Bombeo Existentes	Rehabilitación de 35,800 M <sup>3</sup> /d WWTP
2. Cienfuegos	Construcción de 3.2 km de alcantarillas	Rehabilitación de 10,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
3. Los Salados	Construcción de 4.6 km de alcantarillas	Rehabilitación de 10,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
4. Embrujó	Construcción de 0.4 km de alcantarillas	-
5. Zona Sur	Construcción de 2.0 km de alcantarillas	Rehabilitación de 5,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
6. Herradura	-	-
7. Tamboril	-	-
8. Licey	-	-

### **(3) Segunda Etapa del Programa (2006 al 2010)**

El Programa durante esta etapa incluirá la construcción/rehabilitación de alcantarillas, estaciones de bombeo, la planta de la WWTP de Rafey, y WWTP de Tamboril, como se resume a continuación:

**Los Componentes en la Segunda Etapa del Programa**

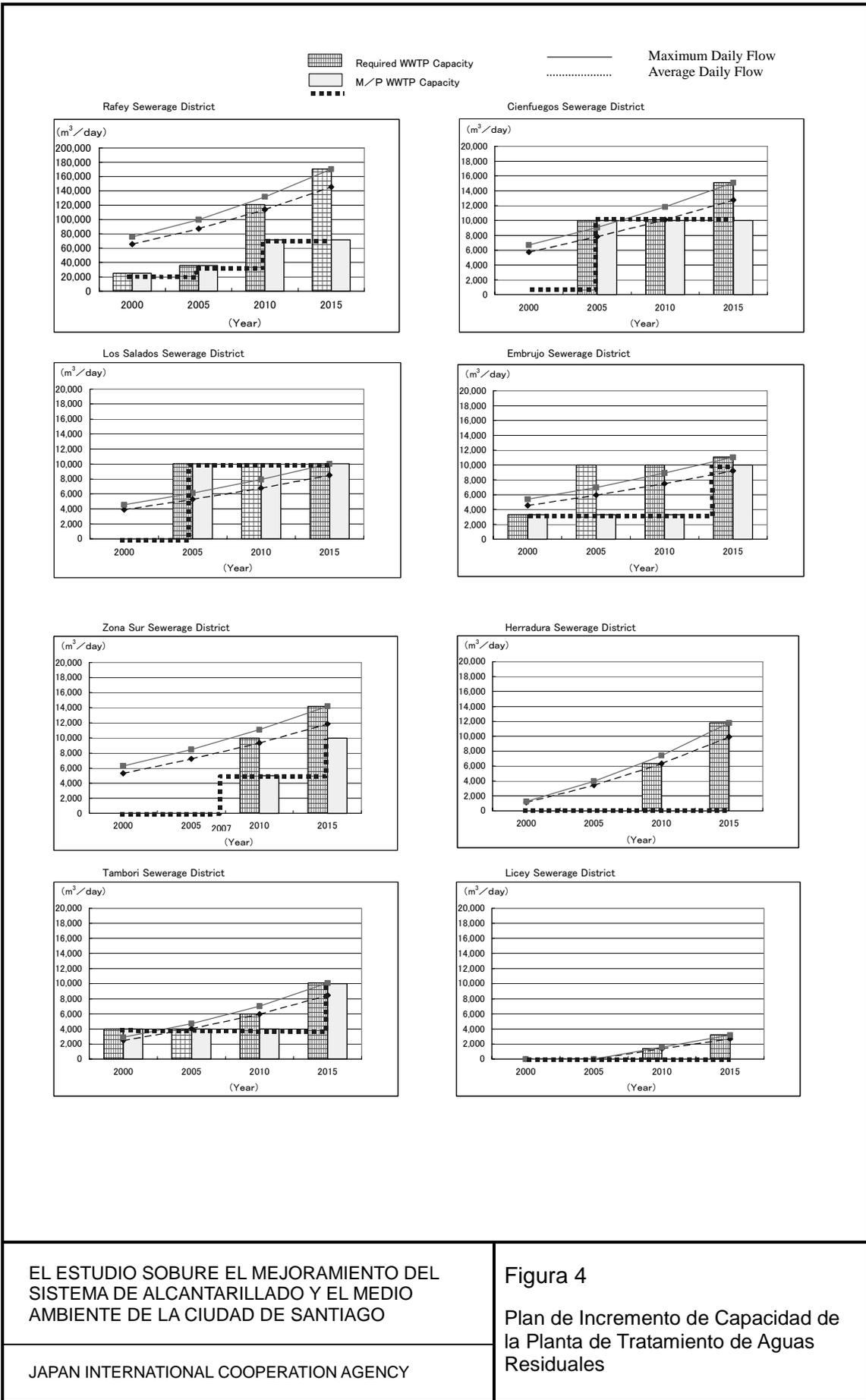
<b>Distrito</b>	<b>Sistema de Recolección</b>	<b>WWTPs</b>
1. Rafey	Construcción de 31.0 km de alcantarillas Construcción de estación de bombeo	Construcción de 35,800 M <sup>3</sup> /d WWTP
2. Cienfuegos	Construcción de estación de bombeo Rehabilitación de alcantarillas existentes	-
3. Los Salados	Construcción de 1.2 de alcantarillas	-
4. Embrujo	Construcción de 1.7 de alcantarillas Rehabilitación de alcantarillas existentes	-
5. Zona Sur	Construcción de 3.9 de alcantarillas	-
6. Herradura	-	-
7. Tamboril	-	Rehabilitación de 10,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
8. Licey	-	-

**(4) Tercera Etapa del Programa (2011 al 2015)**

Los componentes en la Tercera Etapa del Programa incluirán la construcción y rehabilitación de los alcantarillados principales, la rehabilitación de la WWTPs del Embrujo, y la expansión de una fase de las facilidades de tratamiento de la WWTP de Zona Sur.

**Facilidades Componentes en la Tercera Etapa del Programa**

<b>Distrito</b>	<b>Sistema de Recolección</b>	<b>WWTPs</b>
1. Rafey	Construcción de 31.0 km de alcantarillas Rehabilitación de alcantarillas existentes	-
2. Cienfuegos	-	-
3. Los Salados	Rehabilitación de alcantarillas existentes	-
4. Embrujo	Construcción de 1.7 km de alcantarillas Rehabilitación de alcantarillas existentes	Rehabilitación de 10,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
5. Zona Sur	Rehabilitación de alcantarillas existentes	Expansión de 5,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
6. Herradura	Construcción de 13 km de alcantarillas Rehabilitación de alcantarillas existentes	-
7. Tamboril	Construcción de 6.5 km de alcantarillas Rehabilitación de alcantarillas existentes	-
8. Licey	-	-



EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 4

Plan de Incremento de Capacidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

## 1.7 COSTOS DEL PROGRAMA RECOMENDADO

El plan recomendado para la implementación del sistema del alcantarillado sanitario solicita la construcción, operación y mantenimiento en las tres etapas de construcción. La tabla siguiente muestra los costos de construcción, incluyendo las porciones actuales locales y extranjeras. Los costos de operación y mantenimiento por etapa son también resumidos. Todos los costos de construcción incluyen contingencias e ingeniería. Todos los costos son estimados basados en niveles de precios a mediados del 2001 y las subidas están consideradas.

### 1.7.1 COSTOS DE CAPITAL

Los costos totales de capital, incluyendo costos indirectos, se estiman en US\$ 209.8 millones para el proyecto de componentes prioritarios, como se muestra en la tabla debajo:

#### Resumen de los Costos de Capital

(Unidad: US\$1,000)

Costo del Artículo		Proyecto de Selección de Componentes		
		FC	LC	Total
Costos Directos de Construcción				
1	Distrito de Rafey	49,163	51,233	<b>100,396</b>
2	Distrito de Embrujo	4,152	2,826	<b>6,978</b>
3	Distrito de Cienfuego	4,067	2,348	<b>6,415</b>
4	Distrito de Los Salados	3,270	2,378	<b>5,648</b>
5	Distrito de Zona Sur	9,603	8,041	<b>17,644</b>
6	Distrito de Licey	0	0	<b>0</b>
7	Distrito de Herradura	1,749	3,988	<b>5,737</b>
8	Distrito de Tamboril	2,540	677	<b>3,217</b>
<b>Total Costos Directos Construcción</b>		<b>74,544</b>	<b>71,491</b>	<b>146,035</b>
Costos Indirectos				
1	Adquisición y Compensación del terreno	0	350	<b>350</b>
2	Gastos Administrativos	0	4,385	<b>4,385</b>
3	Servicios Ingenieriles	17,522	4,385	<b>21,907</b>
4	Contingencias Físicas	7,455	7,152	<b>14,607</b>
5	ITBIS (Impuesto del Valor Agregado)	0	22,480	<b>22,480</b>
<b>Total de Costos Indirectos</b>		<b>24,977</b>	<b>38,752</b>	<b>63,729</b>
<b>Costo Total de Capital a Precios del 2001</b>		<b>99,521</b>	<b>110,243</b>	<b>209,764</b>

### 1.7.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los gastos anuales de CORAASAN fueron de RD\$ 185.2 millones ó US\$ 10.9 millones en el 1999, y los gastos de suministro de agua y secciones de alcantarillado son asumidos en US\$ 8.0 millones y US\$ 2.9 millones respectivamente. CORAASAN fue exenta de los costos de electricidad en el 1999, pero ésta será cargada a partir del 2001. Consecuentemente, los costos de la electricidad está incluidos en los estimados de los costos futuros de operación y mantenimiento.

En concordancia con los costos de operación y mantenimiento del 1999 y el volumen de tratamiento futuro planificado, los costos anuales de operación y mantenimiento de la sección de alcantarillado de CORAASAN serán incrementados en US\$ 6.0 millones, 8.7 millones y 9.8 millones en el Año 2005, 2010 y 2015 respectivamente.

### Costos de Operación y Mantenimiento

Año	2002	2005	2010	2015
Costos Anuales de Operación y Mantenimiento (US\$ millones)	3.5	6.0	8.7	9.8

## 1.8 ANÁLISIS FINANCIERO

Los indicadores financieros son computados para cada distrito de alcantarillado y el programa de implementación del sistema de alcantarillado propuesto para el 2015, basado en varias suposiciones. Los resultados se resumen a continuación:

### Resumen de los Indicadores de Factibilidad Financieros

	NPV * (US\$ Millones)	B/C *	FIRR	Prioridad Financiera
Rafey	47.3	1.3	5.5%	3 <sup>ra</sup>
Herradura	17.3	4.0	n.a.	1 <sup>ra</sup>
Cienfuegos	-17.2	0.5	n.a.	5 <sup>ta</sup>
Los Salados	-18.5	0.4	n.a.	6 <sup>ta</sup>
Embrujo	-3.6	0.7	n.a.	4 <sup>ta</sup>
Zona Sur	-27.8	0.3	n.a.	7 <sup>ma</sup>
Tamboril	1.7	1.1	5.8%	2 <sup>da</sup>
Total	6.7	1.0	3.3%	

\* Tasa de descuento es 3%

El proyecto total FIRR de 3.3 por ciento es mayor que la tasa de interés de un posible préstamo blando extranjero, el cual es alrededor de 1 a 2 por ciento. El NVP de un proyecto total es positivo y el B/C también excede ligeramente 1.0. Estos resultados indican que el proyecto del Plan Maestro será autofinanciable.

## 1.9 ANÁLISIS ECONÓMICO

Los indicadores económicos son computados para los programas de implementación del sistema de alcantarillado para el 2015, basados en varias suposiciones. La voluntad de pagar es utilizada como un sustituto de los beneficios económicos. Los resultados se muestran a continuación:

### Indicadores Viables Económicos del Proyecto Plan Maestro

NPV *	B/C *	EIRR
US\$ -17.8 millones	0.8	7.7%

\* Tasas de Descuento es 10%

El EIRR de 7.7 por ciento es mayor que el FIRR de 3.3 por ciento. Sin embargo, el EIRR es menor que un costo de oportunidad económica general de un 10%, la brecha no es tan ancha. Este resultado provee suficiente espacio para una consideración positiva del Plan Maestro.

## 1.10 MEDIO AMBIENTE DEL AGUA

### 1.10.1 CONDICIONES ACTUALES DEL MEDIO AMBIENTE DEL AGUA

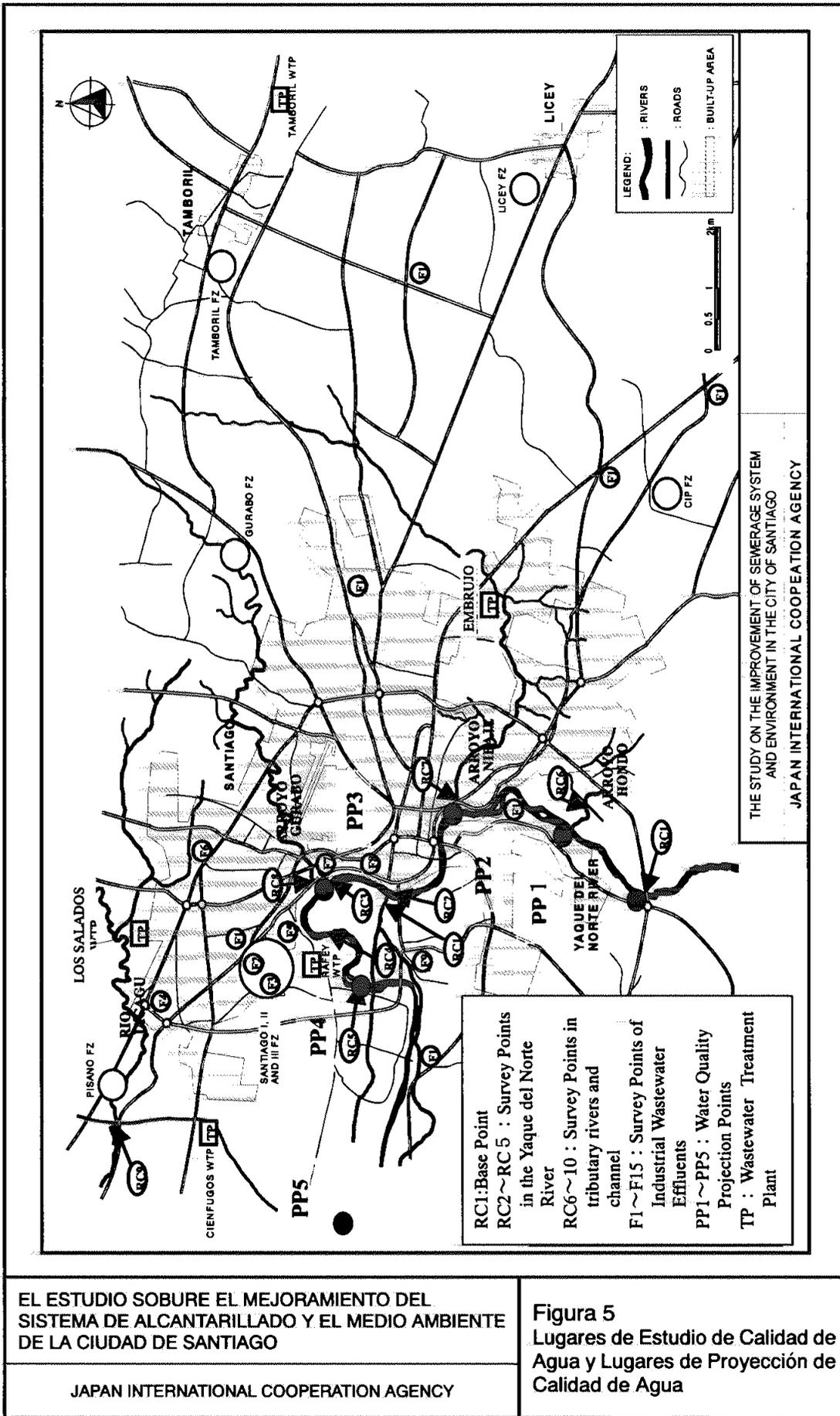
Dentro del Area de Estudio se encuentran el Río Yaque del Norte, que atraviesa la ciudad de

Santiago, y sus cuatro afluentes pequeños (arroyos naturales). Para el análisis de la calidad del agua del río, se han reunido los datos hidráulicos de cinco puntos del Río Yaque del Norte y de cuatro puntos de los afluentes urbanos, obtenidos por CORAASAN (desde febrero hasta diciembre de 1997), así como los datos de caudal de agua, que proceden de INDRHI. En la Figura 5 se indican dichos puntos de monitoreo. Asimismo, el Equipo de Estudio ha realizado estudios adicionales sobre la calidad de agua por dos veces en marzo del 2001. A partir de todos estos datos, se puede caracterizar la condición medioambiental del agua en el área como sigue:

Los datos de la calidad del agua obtenidos en el punto RC1 (Toma de Pastor, situado cerca de la toma de agua, en la parte más alta del Río Yaque del Norte) indican que el agua aún no está contaminada, siendo de 2.8 mg/L y 6.6 mg/L el promedio de BOD<sub>5</sub> y de DO, respectivamente. Según las normas japonesas respecto a la calidad del agua, estas condiciones pueden ser equivalentes a la Clase A (BOD<sub>5</sub>: 2mg/L o menos, y DO: 7.5mg/L o más), o bien a la Clase B (BOD<sub>5</sub>: 3mg/L o menos, y DO: 5mg/L o más). El agua captada aquí requiere el proceso de sedimentación y filtración para ser potable. No obstante, si el agua se contamina más, será necesario realizar un tratamiento precedente de nivel más alto mediante el proceso de pretratamiento.

En el punto RC2 de monitoreo (Obra Toma de Canal) situado en el punto medio del Río Yaque del Norte, dentro del Area de Estudio, entra el agua contaminada del Río Hondo y del Río Nibaje. Por lo tanto el agua del Río Yaque del Norte se ve afectada en este punto, siendo de 2.8 mg/L y 6.6mg/L el valor promedio de BOD<sub>5</sub> y de DO, respectivamente. Aproximadamente unos 200 m más abajo del este punto, se encuentra una toma de agua (de 7 a 27m<sup>3</sup>/s) para irrigación. Debido a esta toma de agua, el caudal de aguas abajo de este río se encuentra drásticamente reducido, siendo de 3 a 35 m<sup>3</sup>/seg., en comparación con el caudal de 15 a 52 m<sup>3</sup>/seg de aguas arriba.

Entre los puntos de monitoreo RC3 (Descarga Teneria Bermudez) y RC5 (Descarga A.N.Rafey), el agua contaminada del Río Gurabo afluye al Río Yaque del Norte. Por esta circunstancia se deteriora la calidad del agua de este río y, por otra parte, no se puede esperar el efecto de dilución de agua en alta proporción, debido a que el caudal del río es escaso. En el punto RC5 las aguas residuales derivadas de la WWTP de Rafey entran en el río sin tratamiento, y las cargas residuales dichas aguas exceden la capacidad de asimilación del río. Consecuentemente, la calidad del agua del río se ha visto deteriorada hasta el nivel de 26 mg/L de BOD y 2 mg/L de DO.



EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 5  
 Lugares de Estudio de Calidad de Agua y Lugares de Proyección de Calidad de Agua

El agua de los ríos urbanos que se vierte en el Río Yaque del Norte está contaminada por la descarga de aguas residuales crudas y basura, alcanzando el valor promedio de BOD, COD<sub>cr</sub> y NH<sub>4</sub>-N tanto como 22~79 mg/L, 73~202 mg/L y 2.5 ~8.5 mg/L, respectivamente.

Se ha tomado muestras del agua procedente del sistema de alcantarillado, industrias y ríos para analizar sustancias tóxicas, metales pesados, compuestos orgánicos de cloro, pesticidas, etc. Los resultados de este análisis han revelado que no existe una concentración significativa de dichas sustancias.

### **1.10.2 PREDICCIÓN DE LA CALIDAD FUTURA DEL AGUA DEL RÍO**

En base a los datos disponibles de la calidad de agua de los ríos y otros datos hidrográficos, se ha estimado la cantidad de cargas residuales que se evacua en el Río Yaque del Norte según los siguientes tres casos alternativos: i) sin implementación de ningún sistema de alcantarillado adicional, ii) con implementación del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales industriales programada en el Plan Maestro, y iii) con implementación del sistema total requerido de alcantarillado. Según cada una de estas alternativas, se ha estimado la calidad de agua del río cada cinco años hasta el año 2015, tras lo cual se ha evaluado la efectividad de cada alternativa en el mejoramiento de la calidad del agua del río.

En cinco puntos de monitoreo, cuatro en las confluencias con el Río Yaque del Norte y otro en el punto ya existente de monitoreo RC5 (aguas abajo y caída de WWTP de Rafey), se ha analizado la calidad futura del agua en términos de BOD<sub>5</sub>, SS, T-N y T-P. Estos puntos de monitoreo se indican en la Figura 5 y se describen a continuación.

**Puntos de Monitoreo de la Calidad de Agua**

<b>Puntos</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Distancia desde el punto (RC1)</b>	<b>Observación</b>
PP1	Aguas abajo de la confluencia del Río Hondo	2.1 km	
PP2	Aguas abajo de la confluencia del Río Nibaje	4.1 km	Se encuentra una toma de agua para irrigación a 4.3km aguas arriba del punto RC1.
PP3	Aguas abajo de la confluencia del Río Gurabo	7.6 km	
PP4	Aguas abajo de la salida de WWTP de Rafey	10.4 km	= RC5
PP5	Aguas abajo de la confluencia del Río Jacagua	13.0 km	

\*En las confluencias con los afluentes, la ubicación se fija dentro de 200 m desde el punto de confluencia.

Se ha examinado la calidad futura del agua del río en términos de BOD<sub>5</sub> influente al río según dos casos, es decir, sin sistema de alcantarillado y con sistema de alcantarillado planificado en el Plan Maestro junto con las facilidades de tratamiento de aguas residuales industriales.

En la tabla de abajo y en la Figura 6 se resume y se presenta la cantidad de BOD5 que se descarga al río y la posible reducción de cargas de BOD en cada caso según los años.

**Cantidad de Descarga de BOD al Río Yaque del Norte ( kg/día )**

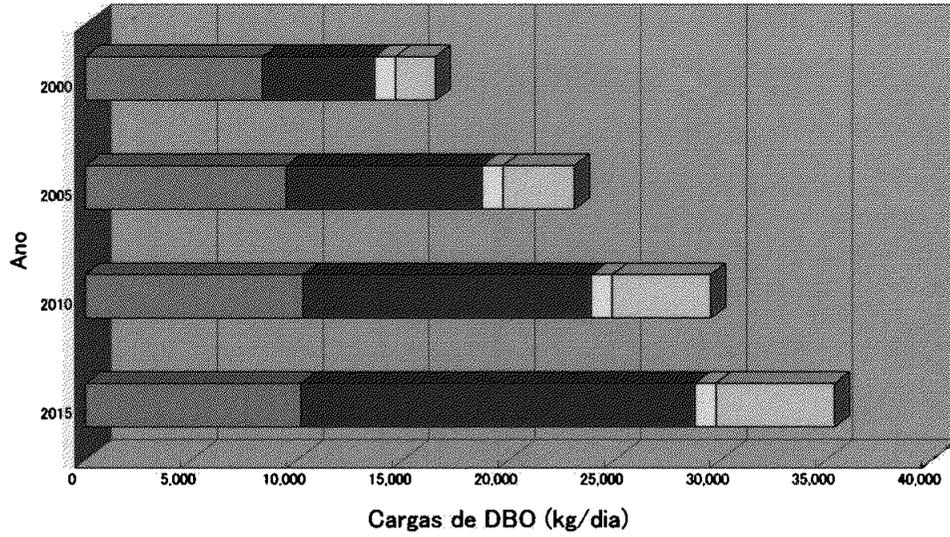
Condición	Fuente de Cargas de BOD	2000 (Actual)	2005	2010	2015
<b>Sin Proyecto</b>	Cargas de aguas residuales domésticas procedentes de las áreas sin alcantarillado	8,352	9,479	10,274	10,168
	Cargas de aguas residuales crudas desviadas antes de WWTP	5,300	9,258	13,612	18,619
	Cargas residuales por efluentes de WWTP	991	991	991	991
	Sub-total	14,643	19,728	24,877	29,778
	Efluentes industriales WWTP	1,880	3,369	4,657	5,605
	<b>Total</b>	<b>16,523</b>	<b>23,097</b>	<b>29,534</b>	<b>35,383</b>
<b>Con Proyecto</b>	Cargas de aguas residuales domésticas procedentes de las áreas sin alcantarillado	8,352	6,374	4,431	2,280
	Cargas de aguas residuales crudas desviadas antes de WWTP	5,300	8,500	6,949	13,249
	Cargas residuales por efluentes de WWTP	991	1,919	3,908	4,177
	Sub-total	14,643	16,793	15,288	19,706
	Efluentes industriales WWTP	1,880	305	394	460
	<b>Total</b>	<b>16,523</b>	<b>17,098</b>	<b>15,682</b>	<b>20,166</b>
	Reducción de cantidad de cargas residuales		5,999	13,852	15,217

La descarga de BOD en cada punto de monitoreo se muestra y se presenta en la siguiente tabla y en la Figura 7.

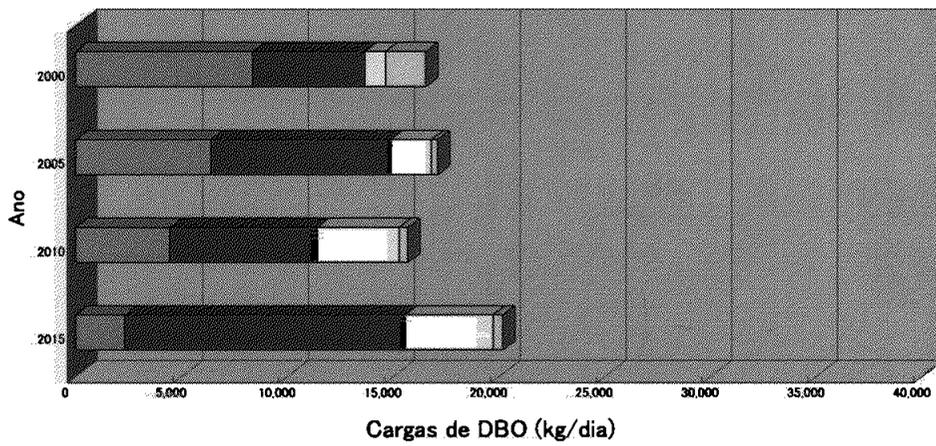
**Descarga de BOD en los Puntos de Monitoreo (kg/día)**

Año	Condición	Descarga de BOD en los Puntos de Monitoreo				
		PP1	PP2	PP3	PP4	PP5
2000	Actual	1,229	4,384	3,280	5,022	2,608
2005	<b>Con Proyecto</b>	<b>1,570</b>	<b>1,968</b>	<b>3,565</b>	<b>8,415</b>	<b>1,581</b>
	Sin Proyecto	1,596	5,667	3,618	8,401	3,815
2010	<b>Con Proyecto</b>	<b>700</b>	<b>1,713</b>	<b>2,090</b>	<b>9,781</b>	<b>1,397</b>
	Sin Proyecto	1,885	7,027	3,649	11,933	5,040
2015	<b>Con Proyecto</b>	<b>843</b>	<b>1,031</b>	<b>1,113</b>	<b>15,276</b>	<b>1,903</b>
	Sin Proyecto	2,109	8,195	3,215	15,573	6,292

### Sin Proyecto



### Con Proyecto



- Cargas de DBO de aguas residuales domésticas de áreas sin alcantarillado sanitario
- Cargas de DBO de aguas residuales, desviadas del sistema público de tratamiento sin ningún tratamiento y descargadas
- Cargas de DBO de aguas residuales, tratadas del sistema público de plantas de tratamiento
- Cargas de DBO de aguas residuales industriales descargadas

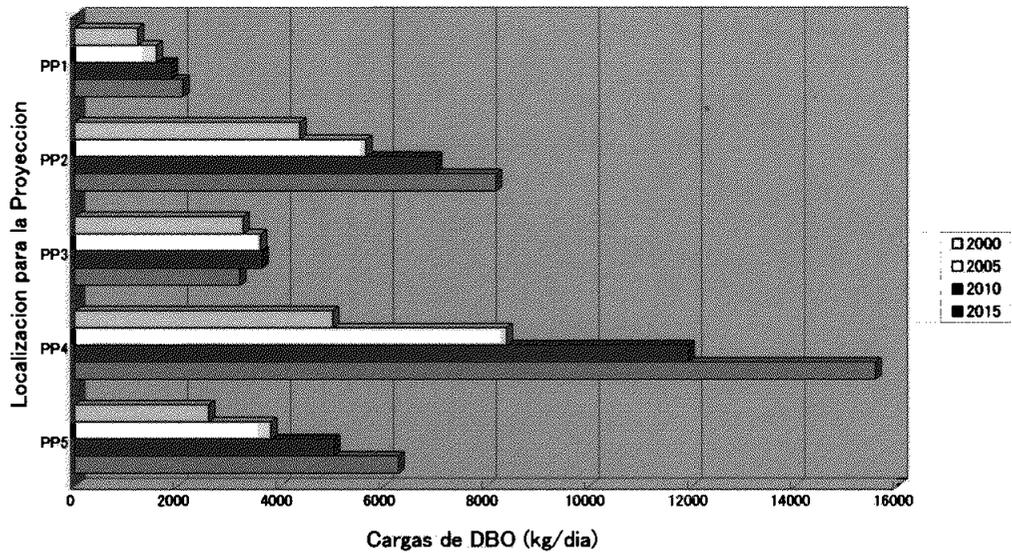
EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

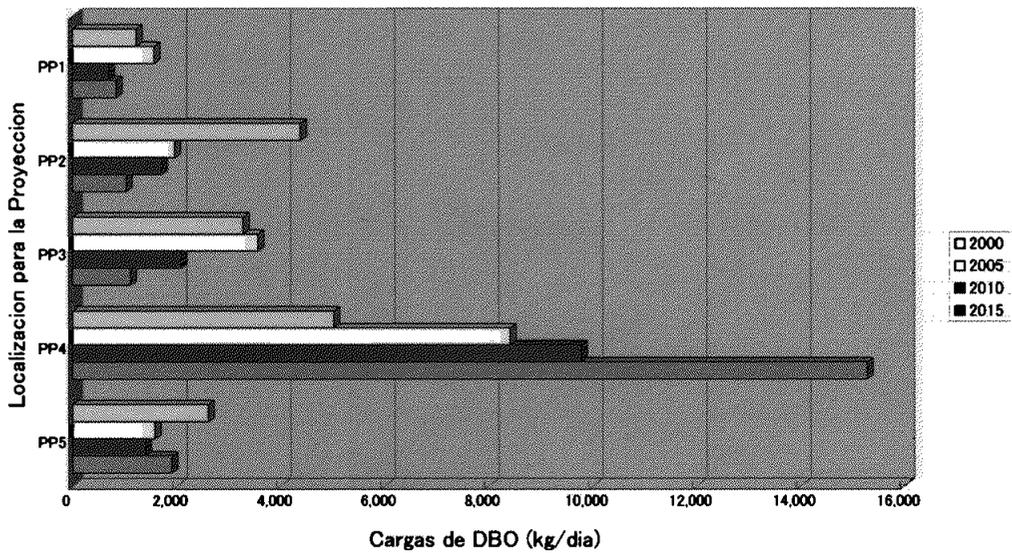
Figura 6

Carga DBO descargada al Río Yaqué del Norte

### Sin Proyecto



### Con Proyecto



EL ESTUDIO SOBURE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 7

Carga DBO descargada al Río Yaque del Norte en cada lugar de Proyección

Se ha estimado la concentración de BOD en los puntos de monitoreo de la calidad del agua utilizando las siguientes tasas de caudal promedio del río.

**Caudal Promedio de los Ríos Analizados (m<sup>3</sup>/s)**

Río Yaque del Norte		Afluentes*			
Antes de la Toma de Agua para Irrigación	Después de la Toma de Agua	Hondo	Nibaje	Gurabo	Jacagua
29.9	14.1	0.30	0.68	0.45	0.90

Nota: Los datos de afluentes son los muestreados por CORAASAN.

**Concentración Promedio de BOD en Caudales Variados en los Puntos de Monitoreo (mg/L)**

Año	Condición	Concentración de BOD Estimada en los Puntos de Monitoreo				
		PP1	PP2	PP3	PP4(RC5)	PP5
2000	Actual	3.3	5.2	8.0	12.2	13.2
2005	Con Proyecto	<b>3.5</b>	<b>4.3</b>	<b>7.4</b>	<b>14.2</b>	<b>14.4</b>
	Sin Proyecto	3.5	5.9	9.0	16.0	17.5
2010	Con Proyecto	<b>3.0</b>	<b>3.7</b>	<b>5.3</b>	<b>12.6</b>	<b>12.6</b>
	Sin Proyecto	3.5	6.2	9.1	18.1	20.2
2015	Con Proyecto	<b>3.1</b>	<b>3.4</b>	<b>4.3</b>	<b>15.6</b>	<b>15.7</b>
	Sin Proyecto	3.6	6.8	9.2	20.8	23.4

Nota: BOD<sub>5</sub>=2.8mg/L en RC1

Ya que la calidad del agua del río se ve afectada considerablemente por su caudal, se ha calculado ésta en base a los datos de caudal disponibles, y después se ha estimado la variación de dicha calidad. En la siguiente tabla se muestran los caudales de agua aprovechados para el análisis.

**Caudales del Río Yaque del Norte Utilizados**

Caudal	Desde RC1 a PP2	Desde PP3 a PP5
Caudal Mínimo	15.3 m <sup>3</sup> /s	3.1 m <sup>3</sup> /s
Caudal Máximo	51.8 m <sup>3</sup> /s	35.1 m <sup>3</sup> /s

A partir de las predicciones de la calidad del agua, indicadas en la siguiente tabla, es evidente que si se asegura un caudal suficiente del río, la calidad actual puede ser mejorada significativamente. Con un caudal bajo, se puede lograr el mejoramiento de la calidad del agua hasta la confluencia con el Río Gurabo (PP3), sin embargo, no se puede esperar un mejoramiento significativo en los puntos hacia aguas más abajo, aun después de adecuar el sistema de alcantarillado propuesto en el Plan Maestro.

Por consiguiente, para mejorar la calidad del agua del río, deben ser tomadas las medidas necesarias, tales como asegurar el caudal suficiente del río e incrementar la capacidad de tratamiento de WWTP de Rafey.

**Concentración Estimada de BOD Basada en Caudal de Río ( mg/L)**

Año	Condición de Caudal	Concentración de BOD (en el punto RC1, BOD <sub>5</sub> =2.8mg/L)				
		PP1	PP2	PP3	PP4(RC5)	PP5
2000	Caudal Mínimo	3.8	7.2	17.8	31.2	30.6
	Caudal Medio	3.3	5.2	8.0	12.2	13.2
	Caudal Máximo	3.1	4.2	5.4	7.2	7.8
2005	Caudal Mínimo	4.1	5.5	17.2	37.4	33.3
	Caudal Medio	3.5	4.3	7.4	14.2	14.4
	Caudal Máximo	3.2	3.7	5.0	8.0	8.2
2010	Caudal Mínimo	3.3	4.4	10.9	32.2	28.6
	Caudal Medio	3.0	3.7	5.3	12.6	12.6
	Caudal Máximo	2.9	3.3	4.0	7.2	7.4
2015	Caudal Mínimo	3.4	4.0	7.3	40.2	35.8
	Caudal Medio	3.1	3.4	4.3	15.6	15.7
	Caudal Máximo	3.0	3.2	3.5	8.5	8.8

Los datos disponibles utilizados para la estimación de la calidad futura del agua son limitados en su número, siendo también limitados los períodos para tomar las muestras, por lo que es necesario desarrollar en el futuro un modelo exacto de la calidad de agua del río que refleje exactamente la situación actual, a fin de establecer un apropiado sistema de monitoreo de la calidad del agua.

**1.10.3 META PROPUESTA EN LA CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO YAQUE DEL NORTE EN EL AREA DE ESTUDIO**

A través de una serie de estudios sobre la calidad del agua bajo la implementación del programa de alcantarillado hasta el 2015, las siguientes metas de calidad del agua del río Yaque del Norte en el Area de Estudio son propuestas.

**Meta Propuesta para la Calidad y el Uso del Agua**

Propuesto	Calidad del Agua	Uso del Agua	Comentarios
Nivel 1	BOD < 5 mg/L, Coliforme <1,000MPN/100mL, DO > 80% Saturación 6.5< pH L<9.0	Suministro de Agua con tratamiento convencional, irrigación, Conservación Natural	Categoría B en la nueva Norma (AG-CC-01)
Nivel 2	BOD < 10 mg/L, Coliforme <5,000MPN/100mL, Fecal Coli. < 2,000 MPN/100mL DO > 60% Saturación 6.5< pH L<9.0	Suministro de agua con tratamiento más avanzado tales como biológico, carbón activado, procesamiento de ultra-filtración, actividades recreativas sin contactos directos	

### Metas Propuestas para la Calidad del Agua en el Río y Acciones Necesarias

Período de Meta	Nivel de Meta	Propuesta Implementación Alcantarillado	Otras Acciones requeridas
A Corto Plazo (2002 hasta 2005)	Nivel 1 (PP1)	- Preparación e implementación de la Primera Etapa del Proyecto	- Facilitar la implementación del tratamiento y manejo de las aguas residuales industriales.
	Nivel 2 (PP1, PP2)	- Establecimientos de organizaciones.	- Establecimiento del sistema de monitoreo.
Plazo Intermedio (2006 hasta 2010)	Nivel 1 (PP1, PP2)	- Comisionando la primera etapa del proyecto, implementación de la 2da etapa del proyecto.	- Ejecución de la propuesta organización y sistema de monitoreo (SEMARENA y CORAASAN).
	Nivel 2 (hasta PP3)		- Apropiado manejo de las aguas residuales industriales.
A Largo Plazo (hasta 2015)	Nivel 1 (PP1, PP2)	- Comisionando la 2da etapa del proyecto, implementación de la 3ra etapa del proyecto	- Coordinar el uso del agua de irrigación como un recurso de dilución para los propósitos de preservación natural del río.
	Nivel 2 (hasta PP3)		- Apropiado manejo de los Residuos Sólidos

Note: PP1 a PP3 es una localización propuesta de observación donde los siguientes ríos se juntan con el río Yaque del Norte: PP1 (Arroyo Hondo), PP2 (Arroyo Nibaje) y PP3 (Arroyo Gurabo).

#### 1.10.4 PARÁMETROS SUGERIDOS DEL MONITOREO DEL AGUA

El programa de monitoreo del agua para el río Yaque del Norte en el Area de Estudio es indispensable para el manejo de la calidad del agua y para asegurar el cumplimiento de los estándares efluentes. El INDRHI está conduciendo un i sobre la calidad del agua para todo la cuenca del río Yaque del Norte para poder establecer un comprensivo programa de monitoreo del río. Los siguientes son parámetros sugeridos para medir.

#### Parámetros Sugeridos para el Monitoreo del Agua en el Río

Artículos	Parámetros Sugeridos	Comentarios
Medida del Caudal en las localizaciones de monitoreo	Caudal (profundidad del agua, velocidad del caudal)	Mensualmente, los monitoreos de la sección del río en las localizaciones son necesarias
Parámetros Básicos de Calidad	DBO, DO, Transparencia	Mensualmente o semanalmente
Monitoreo Parámetro A	TOC, T-N, T-P, SS, temperatura ambiental del agua, pH, y Coliformes Fecales	Mensualmente o semanalmente
Monitoreo Parámetro B	Metales Pesados, Pesticidas, Compuestos de Clorinado,	Periódicamente y/o cuando sea requerido
Monitoreo Parámetro C	Bioensayo	Todo el año
Monitoreo Parámetro D	Flora y Fauna	Anualmente, estacionalmente

#### 1.11 PROYECTO PRIORITARIO PARA EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

También en el Proyecto Prioritario para el Estudio de Factibilidad, los componentes del sistema bajo la Primera Etapa del Programa son propuestos y confirmados por CORAASAN. La tabla debajo muestra los componentes de las facilidades del alcantarillado incluidas en el Proyecto Prioritario.

El proyecto Prioritario (la Primera Etapa del Programa propuesto) puede ser caracterizado como

un programa de emergencia el cual se concentrará en la rehabilitación de las WWTPs ya existentes para proveer los beneficios lo más temprano posible para la reducción de las cargas contaminantes en el río Yaque Del Norte o los ríos en la vecindad de las áreas residenciales, y para proveer mejores condiciones de vida e higiene a través de la rehabilitación/construcción de redes de alcantarillado y alcantarillas recolectoras/interceptoras y estaciones de bombeo. También es caracterizado como el primer paso del programa para contribuir a reducir las cargas contaminantes al río Yaque del Norte y para mejorar la calidad de las aguas del río con la previsión de la construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales en el Distrito Zona Sur, el cual está localizado en más alto torrente del Area de Estudio.

### Los Componentes del Alcantarillado en el Proyecto

Distrito	Sistema de Recolección	*WWTPs
1. Rafey	Construcción de 22.8 km de alcantarillas Rehabilitación de las Estaciones de Bombeo Existentes	Rehabilitación de 35,800 M <sup>3</sup> /d WWTP
2. Cienfuegos	Construcción de 3.2 km de alcantarillas	Rehabilitación de 10,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
3. Los Salados	Construcción de 4.6 de alcantarillas	Rehabilitación de 10,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
4. Embrujó	Construcción de 0. de alcantarillas	-
5. Zona Sur	Construcción de 2.0 de alcantarillas	Construcción de 5,000 M <sup>3</sup> /d WWTP
6. Herradura	-	-
7. Tamboril	-	-
8. Licey	-	-

\*WWTPs : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

## 1.12 MEJORAS INSTITUCIONALES EN CORAASAN

Las mejoras principales sugeridas por el Equipo de Estudio son establecidas debajo.

- (1) Crear un sistema de planificación y monitoreo a 5 años para ser basado en Gerencia Ingenieril (EM) y unido a planes financieros en Gerencia Administrativa y Financiera (AFM);
- (2) Crear una pequeña sección de relaciones comunitarias (como CAASD) para dirigir los problemas serios de a) abuso del sistema de alcantarillado, b) no pago de las facturas, y c) mal gasto del agua;
- (3) Incrementar la productividad del personal y reducir los costos operacionales lanzando un serio programa de reducción de costos en CORAASAN para ser corrido por la alta gerencia y la oficina de Recursos Humanos;
- (4) Considerar e implementar una de varias opciones para reorganizar el mantenimiento de ESM, para permitir a ESM un mayor control sobre su propio mantenimiento;
- (5) Inicialmente por el Gerente Comercial, examinar todos los 23,000 cuentas no pagadas estableciendo un equipo especial de trabajo temporal de cerca de 20 personas y decidir acciones en cada cuenta;
- (6) Establecer y publicar políticas comerciales y objetivos y monitorear el logro de éstos, de ese modo contribuyendo a la mejora del desempeño comercial.
- (7) Establecer una unidad dentro de ESM para ser responsable de controlar la calidad de las aguas residuales industriales que entren al sistema de alcantarillado<sup>1</sup>. Esto es para asegurar

<sup>1</sup> La unidad puede ser nombrada como “Sección de Control de la Calidad de las Aguas Servidas Industriales (IWQCS)”.

la conformidad con la Ley de Medio Ambiente No. 6418-2000 y la Nueva Norma. Esta unidad también podría ser utilizada por SEMARENA bajo un contrato temporal para monitorear las descargas industriales al medio ambiente;

- (8) Agrupar laboratorios de WWTPs con los nuevos IWQCS en una nueva División de Control del Proceso.
- (9) Para investigar sistemáticamente el alcance para la participación adicional del sector privado en la provisión de servicios de soporte general a CORAASAN. En este, será necesario: a) evaluar el potencial, b) hacer alguna prueba de investigación en otras empresas de costos internos contra costos externos así como de producción, c) establecer procedimientos principales;
- (10) Durante el Estudio de Viabilidad un plan HRD será preparado para ayudar a asegurar la eficiencia y eficacia de la fuerza de trabajo para operar y mantener el sistema de alcantarillado propuesto en el Plan Maestro. El plan HRD resaltaré los números del personal y tipos en ESM y EM y el entrenamiento principal requerido: a) actualmente, b) a mediados –finales 2005, c) a finales del 2006. Las fechas b) y c) son las fechas de cierre esperadas para facilidades de alcantarillado adicionales bajo la Etapa 1 del Plan Maestro, cuando más personal de O& M sea requerido.

## **1.13 LEGISLACIÓN Y ORGANIZACIÓN NACIONAL EN EL SECTOR AGUA**

### **1.13.1 LEGISLACIÓN Y ORGANIZACIÓN**

Hay una necesidad urgente para aprobar una legislación gubernamental propuesta para el sector de agua y aguas residuales, teniendo asegurado que es consistente internamente. La Ley de Suministro de Agua propuesta ha estado en el Congreso por lo menos un año, la nueva y preparada Ley General del Agua (intenta ser la legislación sombrilla para el sector agua y especificará y aumentará las obligaciones para el INDRHI), debería ser aprobada<sup>2</sup> tan pronto sea posible, *mientras ellos sean consistentes con cada uno y con la Ley del Medio Ambiente No. 6418-2000.*

La aprobación de esta legislación permitiría la creación de la política, cuerpos de supervisión y regulación para el sector agua para ser establecido y hacerlo operacional, y también permitirá el progreso en la comercialización del agua y proveedores de los servicios de aguas residuales.

### **1.13.2 SEMARENA**

Se recomienda que SEMARENA podría acelerar la documentación y disseminación de su organización, responsabilidades y actividades. Es importante que su alcance, envíos, objetivos y planes, autoridad y logros son totalmente entendidos por la industria, todas las agencias en el sector agua y público. Como mínimo, deberían ser publicados un plan “corporativo”, un contrato del consumidor publicado y pequeños panfletos informativos. También, una escala de cargos y penalidades es necesaria, para ser multado cuando las descargas al medio ambiente excedan el nivel permisible.

---

<sup>2</sup> Se asume mayormente que ésta es la forma más efectiva para actualizar la legislación del sector agua.