

CAPÍTULO 9

FUNDAMENTALES PARA UNA ESTRUCTURA DE PLANIFICACIÓN

9.1 AÑO META PARA PLANIFICAR

Para ejecutar la planificación maestra y mejorar un sistema de alcantarillado económicamente viable, los elementos de trabajo necesarios están predichos y en general definidos en etapas sucesivas para cumplir con las necesidades presentes y futuras del Area de Estudio hasta el año 2015.

El Plan Maestro debe, por lo tanto, ser compatible con las proyecciones sobre el incremento de la población, programas de desarrollo, consumo de agua, crecimiento del ingreso, y otros factores socio-económicos nacionales y locales que afectan el futuro del Area de Estudio. El año base para las proyecciones futuras de la estructura de planificación ha sido escogido como el 2000, ya que casi todos los datos disponibles durante la fase de estudio en materia de planificación son al año 2000 con algunos casos excepcionales.

9.2 DISTRITOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

9.2.1 AREA DE PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Los límites del Area de Estudio fueron seleccionados después de un estudio sobre mapas disponibles, reportes, proyecciones de crecimiento, sistema existente de cloacas, frecuentes discusiones con el personal de CORAASAN, agencias municipales y otras agencias involucradas. Las inspecciones sobre el terreno han aclarado las condiciones significativas urbanas, industriales y naturales.

Los límites del Area de Estudio (Area del Plan Maestro) son:

- Al norte, la planta de tratamiento de Los Salados (19°30' N y 70° 45' E);
- Al sur, hasta 19° 25' N, en las áreas de desarrollo habitacional de El Papayo y Arroyo Hondo;
- Al oeste, hasta La Herradura cerca del Instituto Superior De Agricultura (ISA), y al noreste la planta de tratamiento de Cienfuegos;
- Al este se extiende tan lejos como Sabaneta de Las Palomas y Pontezuela Arriba; y
- Los municipios de Lacey y Tamboril.

El Area de Estudio cubre un total de 11,450 ha. de distritos urbanos, comprendiendo los municipios de Santiago, Tamboril y Lacey. El Area de Estudio fue seleccionada para acaparar la colección más factible de áreas consistentes con la topografía, la población existente y las probables concentraciones y distribuciones de población futura, y los distritos de desarrollos habitacionales actuales y futuros.

El área de servicio de del alcantarillado sanitario (Area del Plan Maestro) cubre los densamente poblados distritos urbanos de las ciudades de Santiago, Lacey y Tamboril, en donde se requiere alcantarillado ramal, lateral, principal, e interceptoras y de las plantas de tratamiento deberán ser implementadas por etapas para el año 2015.

Debe ser notado que los límites del Area de Estudio no fueron seleccionados necesariamente tomando en cuenta los límites de los distritos administrativos, con el propósito de poder desarrollar un sistema regional de alcantarillado efectivo para la contaminación.

9.2.2 DISTRITO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

El área de planificación (Área de Estudio) está dividida en ocho Distritos de Alcantarillado Sanitario independientes: seis en Santiago, y uno en Tamboril y Lacey respectivamente. La división ha sido elaborada tomando en cuenta las situaciones socio-económicas presentes, las condiciones topográficas, tendencias futuras para el alcantarillado, y programas de desarrollos urbanos. La Tabla más abajo muestra el área de los distritos del sistema de alcantarillado elaborado:

Área de Distritos del Sistema de Alcantarillado

(Unidad: ha)

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

9.3 POBLACIÓN

9.3.1 POBLACIÓN EN EL ÁREA DE PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO (ÁREA DE ESTUDIO)

Como se explicó en el Capítulo 2, la población total de las tres municipalidades comprendidas en el Estudio, se proyectan como sigue:

Población Total de los Municipios

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

Nota: Las cifras de más arriba han sido redondeadas.

La población en el área de planificación del sistema de alcantarillado (Área de Estudio) es estimada en base a densidad poblacional y el Área. La densidad poblacional presente es analizada basándose en los datos sobre el suministro de agua de CORAASAN, y divididos en cuatro: densidad alta, medio-alta, media-baja y baja. La densidad poblacional futura es determinada tomando en cuenta una densidad de saturación y las condiciones de desarrollo urbano.

La presente población y la densidad poblacional en el año meta (2015) se muestran en la tabla más abajo. Los años intermedios del 2005 y 2010 pueden ser calculados por una relación de regresión lineal.

Densidad de Población en el Área de Estudio

Nivel de Densidad Poblacional	Santiago		Tamboril		Lacey	
	2000	2015	2000	2015	2000	2015
Alta	120	180	190	200	-	-
Medio-Alta	85	130	-	-	50	80
Medio-Baja	65	89.43	8.98	35.5	-	-
Baja	25	30	-	-	0.68	8.77

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

Area por Categoría de Densidad Poblacional

(unidad : ha)

Categoría de Densidad Poblacional	Santiago	Tamboril	Licey
Alta	400	110	-
Medio-Alta	1,090	-	160
Medio-Baja	4,720	490	-
Baja	3,750	-	730
Total	9,960	600	890

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

La población en cada municipio para períodos de cinco años es estimada como sigue:

Población en el Area de Planificación del Sistema de Alcantarillado (Area de Estudio)

Municipios	Area (ha)	2000	2005	2010	2015
Santiago	9,960	517,600	596,700	671,900	748,300
Tamboril	600	25,300	30,700	35,100	39,400
Licey	890	8,500	11,800	15,600	19,200
Total	11,450	551,400	639,200	722,600	806,900

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

9.3.2 POBLACIÓN SERVIDA POR ALCANTARILLADO

El porcentaje de la población que vivirá en el Area de Estudio contra el área administrativa municipal queda fija para Santiago en un 90%, incrementada entre un 55% y un 60% en Tamboril y considerablemente incrementada entre un 40% y un 60% en Licey, respectivamente.

La distribución de la población por distrito y año, se muestra en la siguiente tabla:

Distribución de la Población por Distrito Sistema de Alcantarillado (2000 al 2015)

Distrito Sistema de 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
El Embrujo	590	28,800	33,100	37,300	41,500
Zona Sur	600	32,500	37,700	42,800	47,700
La 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

Fuente: Equipo de Estudio del JICA

Es prudente considerar que los residentes no van a ocupar el distrito completo para el 2015. Debido que en algunas áreas aisladas la población sería tan escasa que el entubado del alcantarillado no sería justificable técnica y económicamente, por lo tanto pueden disponer de sus desperdicios en un tanque séptico.

El porcentaje del área no servida por sistema de alcantarillado en todo el distrito difiere dependiendo de varios factores tales como la etapa en que está la construcción del alcantarillado, la extensión de los programas de desarrollo, y las condiciones socio-económicas peculiares del lugar.

El porcentaje del área servida por alcantarillado en cada distrito (razón de cobertura) por etapa, ha sido estimado considerando que tal porcentaje se incrementará a un ritmo de un 2% a un 5% por año, alcanzando desde un 50% hasta un 90% para el año 2015. Las razones de cobertura varían debido a los cambios en el desarrollo urbano y por situaciones socio-económicas, y se habrán de hacer ajustes de tiempo en tiempo en el futuro cuando más datos de los censos en materia socio-económica estén disponibles.

El porcentaje de servicio de sistema de alcantarillado y la población servida en cada distrito de sistema de alcantarillado por año se muestran en la siguiente tabla:

Después de la culminación del programa de mejoramiento del sistema de alcantarillado para el 2015, la mayoría de las aguas residuales serán interceptadas por el servicio de alcantarillado, por lo tanto 733,400 habitantes tendrán acceso al sistema de alcantarillado público.

Razón de Servicio de Sistema de Alcantarillado y Población por Distrito y Año

Distrito Sistema de Alcantarillado	Razón de Servicio de Cloacas y Población							
	2000		2005		2010		2015	
I. Santiago								
Rafey	0.70	251,800	0.76	313,700	0.85	394,800	0.95	493,000
Cienfuegos	0.67	23,900	0.74	30,900	0.80	38,300	0.87	46,800
Los Salados	0.70	16,000	0.77	20,500	0.83	25,200	0.90	30,600
El Embrujo	0.72	20,600	0.78	25,700	0.84	31,200	0.89	36,800
Zona Sur	0.74	24,000	0.83	31,200	0.90	38,700	0.99	47,100
La Herradura	0.09	3,600	0.29	12,900	0.50	24,000	0.71	37,000
Sub-total	0.66	339,900	0.73	434,900	0.82	552,200	0.92	691,300
II. Tamboril	0.42	10,500	0.54	16,500	0.67	23,500	0.82	32,500
III. Licey	0.00	0	0.00	0	0.30	4,700	0.50	9,600
Total	0.64	350,400	0.71	451,400	0.80	580,400	0.91	733,400

Fuente: Equipo de Estudio del JICA.

9.4 CANTIDAD Y CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

9.4.1 GENERALIDADES

En Marzo del 2001, todos los puntos importantes de descarga de aguas residuales y ríos fueron monitoreados para fines de calidad del agua. La generación de aguas residuales domésticas y sus calidades son entonces estimadas basándose en los resultados del monitoreo y de los datos disponibles principalmente los concernientes al agua suplida

9.4.2 CANTIDADES DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

(1) Tasa per cápita de Generación de Aguas Residuales Domésticas

Los últimos datos de CORAASAN en cuanto a la tasa de consumo de agua potable doméstica al 31 de Diciembre del 2000, incluyendo las medidas y las estimadas, indican un promedio de 133,378 m³/día, la cual se distribuye entre 107,304 casas. Basados en los datos del el agua potable medida, el consumo promedio per cápita varía entre el más bajo de 118 lpcd en Tamboril, hasta el más alto de 226 lpcd en Santiago, con un promedio general de 189 litros per cápita por día.

Cuando se incluye en el consumo de agua, las aguas residuales no industriales como las comerciales e institucionales, así, el promedio varía entre el menor de 128 lpcd en Tamboril, hasta el más alto de 284 lpcd en Santiago, con un promedio general de 247 litros per cápita por día. Los cálculos se muestra en la siguiente tabla:

Tasa de Consumo de Agua de Consumidores Medidos (a Diciembre del 2000)

Zona No. Oficina de Servicio	Consumo de agua doméstica (m ³ /día)	Número de casas	*Número de consumidores (personas)	Consumo de agua doméstica Per Cápita (lpcd)	Consumo de agua no industrial (m ³ /día)	Consumo de agua no industrial Per Cápita (lpcd)
1. Santiago	41,930	37,090	203,995	206	57,988	284
4. Gurabo	8,177	6,592	36,256	226	9,500	262
5. Punal	4,213	5,970	32,835	128	4,619	141
7. Cienfuegos	8,191	7,715	42,433	193	11,803	278
8. Bella Vista	5,506	5,212	28,666	192	6,618	231
9. Los Reyes	5,699	5,722	31,471	181	7,132	227
Sub-total	73,715	68,301	375,656	196	97,660	260
3. Lacey	6,021	6,227	34,249	176	7,345	214
6. Tamboril	3,833	5,906	32,483	118	4,160	128
Total	83,569	80,434	442,388	189	109,165	247

Fuente: CORASSAN, desglose hecho por el Equipo de Estudio.

Nota : *)5.5 personas / casa es asumido basados en los datos de CORAASAN. Consumo per cápita =Consumo medido / usuarios medidos.

A pesar de que la tasa de generación de aguas residuales debieran ser basadas en la medición actual de los caudales en áreas típicas residenciales seleccionadas, se carece de datos para determinar la razón exacta. En vista de esto, las tasas de generación de aguas residuales se estimaron basándose en las tasas de consumo per cápita, asumiendo que la generación de aguas residuales representan el 75% de la consumida. La generación de aguas residuales per cápita por año se muestran en la tabla más abajo:

Tasa per cápita de Generación de Aguas Residuales Domésticas por Año (lpcd)

Categorías	2000	2005	2010	2015
Consumo de Agua per cápita	260	273	287	300
Generación de Aguas Residuales per cápita	195	205	215	225

Nota: Calculo basado en datos de CORAASAN.

Debe ser notado de aquí en adelante, que las aguas residuales no industriales, comprenden la doméstica, la comercial y la institucional y son tratadas como aguas residuales domésticas y excluyendo las de los hospitales.

(2) Infiltración y Entradas de Agua (I/I)

Debido a la deficiencia de las conexiones entre las tuberías por juntas defectuosas, roturas y grietas, una cantidad de agua no deseada se filtra y entra en el alcantarillado y la entrada del agua de la superficie al alcantarillado es imposible de evitar. El promedio de la infiltración y entradas de agua(I/I), están generalmente por el orden de un 10 a un 15 por ciento del caudal de las aguas residuales en un día seco, 0.15 m³/día (mm/km), o 50 al 100 lpcd.

Las condiciones geográficas prevalecientes en la región de Santiago es que un estrato de arcilla seca cubre la mayoría de las áreas, con poca elevación del suelo, el cual es denso y duro de relativa baja permeabilidad. Estas condiciones antes mencionadas y las condiciones climáticas sugieren que la infiltración de aguas superficiales aparenten ser bastante poca.

Viendo estas condiciones, una tasa fija de I/I de 25 lpcd parece ser razonable y será añadido a todas las siguientes condiciones.

(3) Diseño de Caudal Por Persona de las Aguas Residuales Domésticas

Para el análisis hidráulico del sistema de alcantarillado, las variaciones en el flujo durante un día han sido asumidos basados en los datos obtenidos, los existentes, de agua potable y de aguas residuales bajo condiciones similares.

La relación entre el caudal máximo y el caudal promedio de las aguas residuales ha sido seleccionado como 1.2, tomando en cuenta el patrón de uso de las aguas en el sistema de acueducto público, y las condiciones climáticas de la región. El caudal pico por un día, será usado para los cálculos hidráulicos de las facilidades de los sistemas de alcantarillado es determinado en la misma manera para ser 1.5 veces más grande que el caudal máximo diario.

El diseño del caudal per cápita de las aguas residuales domésticas bajo condiciones variadas, puede ser expresado como sigue:

- i) Promedio diario per cápita de generación de aguas residuales - $0.75 \times$ consumo de agua (lpcd)
- ii) Promedio diario per cápita del caudal de las aguas residuales - $i) + 25$ lpcd
- iii) caudal máximo diario per cápita de las aguas residuales - $i) \times 1.2 + 25$ lpcd.
- iv) caudal máximo por hora per cápita de las aguas residuales - $i) \times 1.2 \times 1.5 + 25$ lpcd

El cálculo del caudal per cápita de aguas residuales por año, es tabulado más abajo:

Caudal per cápita de Aguas Residuales por Año (lpcd)

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

Nota: Calculado basados en los datos de CORAASAN.

(4) Caudal de Diseño de Aguas Residuales Domésticas por Año /Distrito de Sistema de Alcantarillado

El caudal total de aguas servidas domésticas estimado por distrito de cloacas y año se muestran en la tabla más abajo:

Caudal de Aguas Residuales Domésticas por Distrito de Alcantarillado y Año (m³/día)

Distritos	2000	2005	2010	2015
1. Caudales diarios promedio				
Rafey	55,400	72,160	94,760	123,250
Cienfuegos	5,260	7,110	9,200	11,700
Los Salados	3,520	4,720	6,050	7,650
El Embrujo	4,540	5,920	7,490	9,200
Zona Sur	5,280	7,180	9,290	11,780
La Herradura	800	2,970	5,760	9,250
Subtotal	74,800	100,060	132,550	172,830
Tamboril	2,310	3,800	5,640	8,100
Licey	0	0	1,130	2,400
Total de Caudales diarios promedio	77,110	103,860	139,320	183,330
2. Caudales diarios Máximos				
Rafey	65,470	84,700	112,520	147,900
Cienfuegos	6,220	8,350	10,920	14,040
Los Salados	4,160	5,540	7,190	9,180
El Embrujo	5,360	6,940	8,900	11,040
Zona Sur	6,240	8,430	11,030	14,130
La Herradura	940	3,490	6,840	11,100
Subtotal	88,390	117,450	157,400	207,390
Tamboril	2,730	4,460	6,700	9,720
Licey	0	0	1,340	2,880
Total de Caudales diarios Máximos	91,120	121,910	165,440	219,990
3. Caudales Máximos por Hora				
Rafey	95,690	125,480	163,850	211,990
Cienfuegos	9,090	12,360	15,900	20,130
Los Salados	6,080	8,200	10,460	13,160
El Embrujo	7,830	10,280	12,950	15,830
Zona Sur	9,120	12,480	16,070	20,260
La Herradura	1,370	5,160	9,960	15,910
Subtotal	129,180	173,960	229,190	297,280
Tamboril	3,990	6,600	9,760	13,940
Licey	0	0	1,960	4,130
Total de Caudales Máximos por Hora	133,170	180,560	240,910	315,350

Nota: Calculado por el Equipo de Estudio

Carga de Contaminantes per cápita por Año para Aguas Residuales Domésticas

Cargas de 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

EL ESTIMADO DE LAS CARGAS DE CONTAMINANTES GENERADAS POR LA POBLACIÓN SERVIDA DE ALCANTARILLADO HASTA EL 2015 SON RESUMIDAS EN LA TABLA EN LA APENDICE 10 DEL REPORTE DE APOYO. 9.4.3 CALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Las cargas de contaminantes en las aguas residuales domésticas son estimadas asumiendo que para el año 2000, todas las aguas residuales serán recolectadas a través del alcantarillado

sanitario. Las calidades de las aguas residuales que entran a las plantas de tratamiento existentes, son analizadas generalmente mediante muestreo de campo.

Los resultados del muestreo de la calidad del agua se muestran a continuación:

La carga de contaminación per cápita es estimada para la generación de las aguas residuales domésticas a una tasa de generación de 200lpcd. Si comparamos la carga de contaminantes con los valores obtenidos en cualquier parte de Japón, los valores de DBO parecen ser bien bajos mientras que los SS son mayores. Este contenido de contaminación tan alto en los efluentes de la planta de tratamiento de Tamboril, puede ser explicado por la ocasional llegada de aguas servidas proveniente de los mataderos y granjas.

Valores Promedios de la Calidad de Dos Muestras de Agua que Entra a la WWTP

(Unidad : mg/l)

<i>Parámetro</i>	<i>DBO₅</i>	<i>SS</i>	<i>T-N</i>	<i>T-P</i>
<i>Rafey</i>	<i>120</i>	<i>171</i>	<i>30.2</i>	<i>2.5</i>
<i>Cienfuegos</i>	<i>138</i>	<i>236</i>	<i>24.3</i>	<i>1.1</i>
<i>El Embrujó</i>	<i>105</i>	<i>154</i>	<i>31.6</i>	<i>-</i>
<i>Los Salados</i>	<i>137</i>	<i>138</i>	<i>41.4</i>	<i>2.5</i>
<i>Tamboril</i>	<i>628</i>	<i>559</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Promedio</i>	<i>125</i>	<i>175</i>	<i>31.2</i>	<i>2.0</i>
<i>Máximo</i>	<i>138</i>	<i>236</i>	<i>41.4</i>	<i>2.5</i>
<i>Aguas residuales per cápita (lpcd)</i>	<i>200lpcd</i>			
<i>Carga de desperdicios per cápita (g/cap/día)</i>	<i>25</i>	<i>35</i>	<i>6.2</i>	<i>0.4</i>
<i>Carga de desperdicios per cápita Máximo (g/cap/day)</i>	<i>28</i>	<i>47</i>	<i>8.3</i>	<i>0.5</i>

Nota: Los valores indicados por ‘ - ’ son excluidos para el cálculo de los valores promedio

Para propósitos de planificación, las siguientes cargas de contaminantes per cápita en las aguas residuales son usadas en este Estudio:

9.5 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

9.5.1 CONDICIONES PARA LA PROYECCIÓN DE LAS CARGAS DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

(1) Incremento en la Tasa de Generación de Aguas Residuales Industriales

En general, el volumen generado de aguas residuales industriales en las industrias es función de la cantidad de bienes producidos. Según la información de las estadísticas industriales recolectadas en el Estudio, la tasa de crecimiento de la industria del sector de la manufactura en la República Dominicana varió de un 9 a un 15 por ciento anualmente desde 1990 al 1999. En términos de las perspectivas para el futuro en el sector industrial, no hay datos confiables sobre la predicción de la producción industrial hacia el año meta del 2015.

Mientras tanto, la encuesta ¹⁾ bajo la responsabilidad del BID, predijo basado en el resultado de la consulta con CORAASAN, que el abastecimiento de agua industrial en la ciudad de Santiago se incrementaría entre un 6 a 10 % entre los años 2000 hasta el 2005, 2.4 a 5.2 % entre el 2006 y 2010 y de un 2.4 % entre el 2011 y 2015. Esta predicción está basada en la tasa de crecimiento de la población de un 2.4 anual en el Area de Estudio, y que un intenso desarrollo se producirá en el área donde el abastecimiento de agua es insuficiente al presente.

Tomando los resultados de los proyectos arriba mencionados, las tasas de crecimiento anual de las aguas residuales generadas son aplicadas en el Estudio como sigue:

¹⁾ : Reporte sobre "Proyecto Integrado para la Reforma del Agua Potable y Sanitaria en la República Dominicana", BID, Agosto 1998.

- 2000 al 2005: 8.0 %
- 2006 al 2010: 5.0 %
- 2011 al 2015: 3.0 %

Esta tasa de crecimiento es naturalmente muy dependiente de la tendencia de la economía de la República Dominicana, especialmente en el sector industrial. En consecuencia, la tasa de crecimiento asumida más arriba debe ser revisada en el curso de la implementación del proyecto.

(2) Plan para el Uso Industrial de la Tierra

Un plan para el uso de la tierra, en el que las áreas para uso industrial están planificadas, no ha sido establecido en el Area de Estudio. Por lo tanto, se ha asumido en este Estudio que el caudal de aguas residuales industriales en el futuro se incrementará en 17 zonas definidas en la Sección precedente con una tasa proporcional al caudal actual.

9.5.2 CARGAS DE CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL EN EL FUTURO

Como resultado de los cálculos, el caudal de aguas residuales generadas en el Area de Estudio alcanzará los 44,407 m³/día para el año meta del 2015, como es mostrado en la siguiente Tabla:

Predicción del Caudal de Aguas Residuales Industriales			
en el 2000 (Presente)	en el 2005	en el 2010	en el 2015
20,427 m ³ /día	39,014 m ³ /día	38,306 m ³ /día	44,407 m ³ /día

La siguiente Tabla muestra la proyección de los resultados hacia el año meta del 2015, incluyendo las cargas de contaminantes generados y descargados. Las cargas descargadas de contaminantes en el futuro fueron computadas con la condición de que las generadas serían parcialmente tratadas por las facilidades de tratamiento existentes de acuerdo a sus capacidades actuales de tratamiento. En el año meta, la población equivalente a las cargas generadas y descargadas de DBO alcanzará la cantidad de 464,000 habitantes (alrededor del 63% de la población servida por alcantarillado sanitario) y cerca de 408,000 habitantes (alrededor del 56 % de la población servida por alcantarillado sanitario) respectivamente.

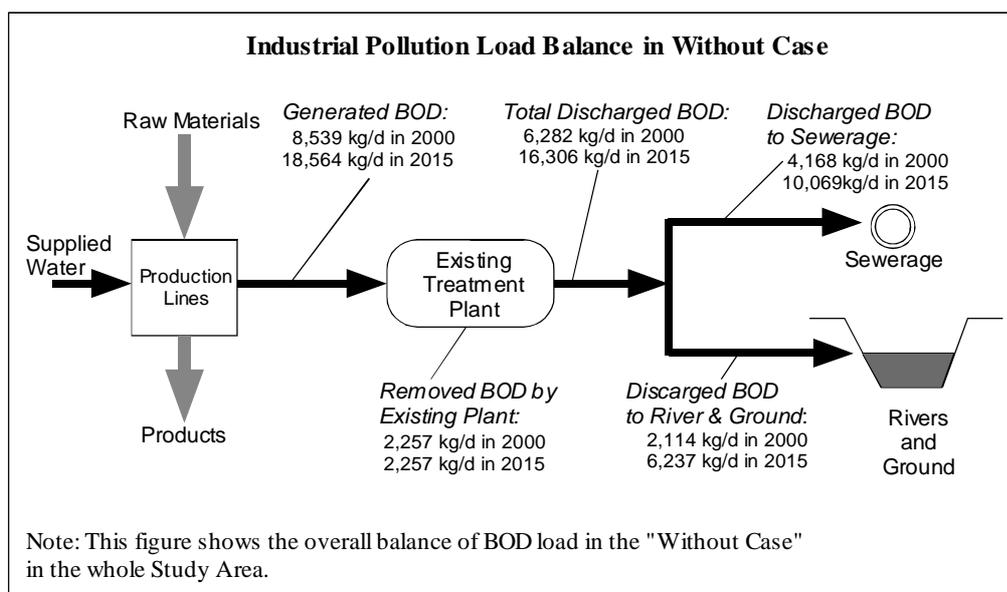
La figura 9.4 muestra los resultados de las proyecciones de las cargas de contaminantes industriales (en el "Sin Caso"). La carga de DBO descargada por las industrias de toda el Area de Estudio se incrementará de 6,282 kg/d en el 2000 hasta 16,306 kg/d (160 % más) en el 2015, a menos que el desarrollo de una facilidad para el tratamiento de las aguas residuales industriales sea implementado. La Tabla 5.1 y 5.2 muestra las cargas industriales generadas de DBO (antes del tratamiento por las plantas existentes) y las cargas descargadas (después del tratamiento en las plantas existentes) del 2000 al 2015, respectivamente

Proyección de las Cargas de Contaminantes Industriales Generadas y Descargadas

Año	Cargas Generadas		Cargas Descargadas	
	DBO (kg/d)	SS (kg/d)	DBO (kg/d)	SS (kg/d)
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
	(DBO equivalente a 464,100 habitantes en 2015)		(DBO equivalente a 407,600 habitantes en 2015)	

Nota: La tasa de DBO per-capita es asumida como 40 g/d en el 2015, de acuerdo a la planificación de sistema de alcantarillado sanitario.

En términos de las cargas de DBO, el destino de las descargas es de 10,069 kg/d (128 % más para el 2000) en el sistema de alcantarillado y 6,237 kg/d (195 % más para el 2000) irá a parar a los ríos y a la tierra como se muestra en la figura más abajo. Esto indica claramente que el ambiente del agua en el Area de Estudio sufrirá de un incremento significativo de las cargas de contaminantes hacia el año 2015, explicando la necesidad de un masivo desarrollo de plantas de tratamiento para aguas residuales industriales



9.5.3 ESTÁNDARES PARA LA DESCARGA DE LOS EFLUENTES AL ALCANTARILLADO SANITARIO

La Nueva Norma descrita en la sección 5.2 ha establecido el patrón del efluente de naturaleza industrial para ser descargado en el sistema de alcantarillado. Como resultado de la investigación basado en los requisitos mencionados más arriba, se propone el siguiente estándar para el efluente, el cual es básicamente el mismo que la Nueva Norma aplica:

Propuesta de un Estándar para la Descarga de Efluentes en el Alcantarillado

No.	Renglón	Unidad	Estándar para Efluente
1	Temperatura		Por debajo de 40
2	pH	-	6 al 9
3	DBO	mg/l	350
4	SS	mg/l	400
5	Consumo de Yodo	mg/l	220
6	Grasas y Aceites	mg/l	20
7	Nitrógeno (T-N)	mg/l	40
8	Fósforo (T-P)	mg/l	10

En esta Tabla, se recomienda que el límite del consumo de yodo sea establecido adicionalmente, basado en la experiencia de Japón. Si la calidad del agua residual industrial generada en industrias no cumplen con esta Norma, debe serle requerido la instalación de un tratamiento apropiado bajo su responsabilidad, de manera que cumplan con los estándares para los efluentes.

9.5.4 AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

(1) Descarga al Sistema de Alcantarillado

Hay dos destinos para la descarga de las aguas residuales industriales. El primero es la descarga en el sistema público de alcantarillado después de un pretratamiento en sus industrias, y el otro es la descarga en los ríos después de un tratamiento final en sus industrias. De la discusión mencionada en el Capítulo 12, se propone que las aguas residuales industriales sean recolectadas y tratadas por un sistema de alcantarillado sanitario público.

El criterio que puede ser aplicado con practicidad para la selección del destino de la descarga, es propuesto como sigue, tomando en cuenta la situación actual del Area de Estudio.

1) Industrias en las Zonas Francas

Como una regla, las aguas residuales de industrias localizadas en las Zonas Francas y que no tienen una facilidad de tratamiento centralizada, al presente se les permitirá descargar en el alcantarillado público.

2) Industrias en Distritos con Sistemas de Alcantarillado Sanitario

Aguas residuales de industrias localizadas fuera de las Zonas Francas y que estén servidas por el sistema del alcantarillado sanitario, deben descargar en este. Facilidades para tratamiento que tengan esas industrias pueden servir como facilidades de pretratamiento con el fin de cumplir con los requisitos de calidad de sus efluentes para ser descargados en el sistema de alcantarillado sanitario público.

3) Industrias en las Áreas Sin Sistema de Alcantarillado Sanitario

Las industria ubicadas en las áreas sin sistema de alcantarillado sanitario, pero que han provisto por su cuenta la conexión a las cloacas, continuarán descargando en ellas como caso excepcional.

4) Aguas Residuales Industriales Descargadas al Sistema Público de Alcantarillado Sanitario por Distrito

Las cantidades anuales de aguas servidas industriales que están siendo vertidas a cada distrito de cloacas, se muestran a continuación:

**Aguas Residuales Industriales Descargadas al Alcantarillado Sanitario
por Distrito por Año (m³/día)**

Tipo/ Distrito	2000	2005	2010	2015
1. Promedio / máximo flujo diario				
Rafey	10,240	15,050	19,210	22,270
Cienfuegos	480	710	910	1,050
Los Salados	390	570	720	840
El Embrujo	0	0	0	0
Zona Sur	30	40	50	60
La Herradura	310	460	580	680
Subtotal	11,450	16,830	21,470	24,900.
Tamboril	170	250	320	370
Licey	0	0	250	290
Total de Caudales Diarios promedio / máximo	11,620	17,080	22,040	25,560
2. Caudal máximo por hora				
Rafey	20,490	30,100	38,410	44,530
Cienfuegos	960	1,420	1,810	2,100
Los Salados	770	1,130	1,440	1,670
El Embrujo	0	0	0	0
Zona Sur	60	80	100	120
La Herradura	620	920	1,170	1,350
Subtotal	22,900	33,650	42,930	49,770
Tamboril	340	500	640	740
Licey	0	0	500	580
Total de Caudal máximo por Hora	23,240	34,150	44,070	51,090

Note: 1) Estimado por el Equipo de Estudio 2) Caudal de Aguas Servidas en el Distrito de Licey en el 2000 y el 2005 son asumidos cero ya que la construcción del alcantarillado ha sido planeada.

(2) Cargas de Contaminantes Industriales en las Aguas Residuales Descargadas al Sistema de Alcantarillado Sanitario

En un total de ocho distritos de sistema de alcantarillado sanitario, las aguas residuales de 140 industrias se vierten en el sistema de alcantarillado, alcanzando un total de aproximadamente 25,500 m³/d para el 2015.

Cargas de Contaminantes Industriales en las Aguas Residuales para ser Descargadas al Sistema de Alcantarillado Sanitario en el 2015

Renglones	Cifras
Caudal Aguas Servidas Industriales (m ³ /d)	25,538
Cargas Generadas (kg/d)	(BOD) 15,384 (SS) 11,826
Cargas Descargadas a las Cloacas (kg/d)	5,862 6,090

Nota: Esta tabla muestra las condiciones planificadas para todas las industrias descargando sus aguas servidas en las cloacas..

Las cargas contaminantes en general descargadas al sistema de alcantarillado se muestran en la Tabla más arriba. La Tabla en la Apéndice 10 del Reporte de Apoyo muestra las cargas de contaminantes de las aguas residuales industriales descargadas en el sistema de alcantarillado por distrito, después de un pretratamiento en las industrias(si es necesario).

9.6 DISEÑO GENERAL DE FLUJOS Y CALIDADES

9.6.1 DISEÑO GENERAL DE FLUJOS

De las pasadas discusiones, el caudal general de aguas residuales que es recibido por el sistema de alcantarillado sanitario por distrito es estimado, incluyendo las aguas residuales domésticas, comerciales, institucionales e industriales desde el año 2000 hasta el 2015.

Total de Aguas Residuales Recibidas por Distrito por Año

Tipo de Caudal/ Distrito	2000	2005	2010	2015
1. Caudal aguas servidas diario promedio				
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
El Embrujo	4,540	5,920	7,490	9,200
Zona Sur	5,310	7,220	9,340	11,840
La 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
Total caudal diario promedio	88,730	120,940	161,360	208,890
2. Caudal aguas servidas diario máx.				
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
El Embrujo	5,360	6,940	8,900	11,040
Zona Sur	6,270	8,470	11,080	14,190
La 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
Total caudal diario máximo	102,740	138,990	187,480	245,550
3. Caudal máximo por hora				
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
La 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
Total caudal máximo por hora	156,410	214,710	284,980	366,440

Nota: Calculado por el Equipo de Estudio.

9.6.2 CALIDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

De los anteriores estudios y discusiones, las concentraciones y cargas en general de contaminantes en las aguas servidas entrando a cada una de las plantas de tratamiento han sido estimadas, y se condensan en la siguiente tabla:

Cargas Generales Estimadas de Aguas Residuales en el Sistema Alcantarillado Sanitario

Distrito	Entrada Promedio	DBO ₅		SS		T-N		T-P	
	(m ³ /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. El Embrujo	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. La 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
Total	88,730	148	13,164		14,927	32	2,814	2.5	219
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. El Embrujo	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. La 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
Total		156	18,809	188	22,088	34	4,146	2.9	345
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. El Embrujo	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. La 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
48. Licey	1,380	164	227	197	272	34	47	2.9	4
Total	161,360	164	26,528	194	31,368	33	5,334	2.7	443
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. El Embrujo	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. La 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
Total	208,890	168	35,194	205	42,754	35	7,398	2.9	616

Nota: Estimado por el Equipo de Estudio.

9.7 NIVEL REQUERIDO DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES

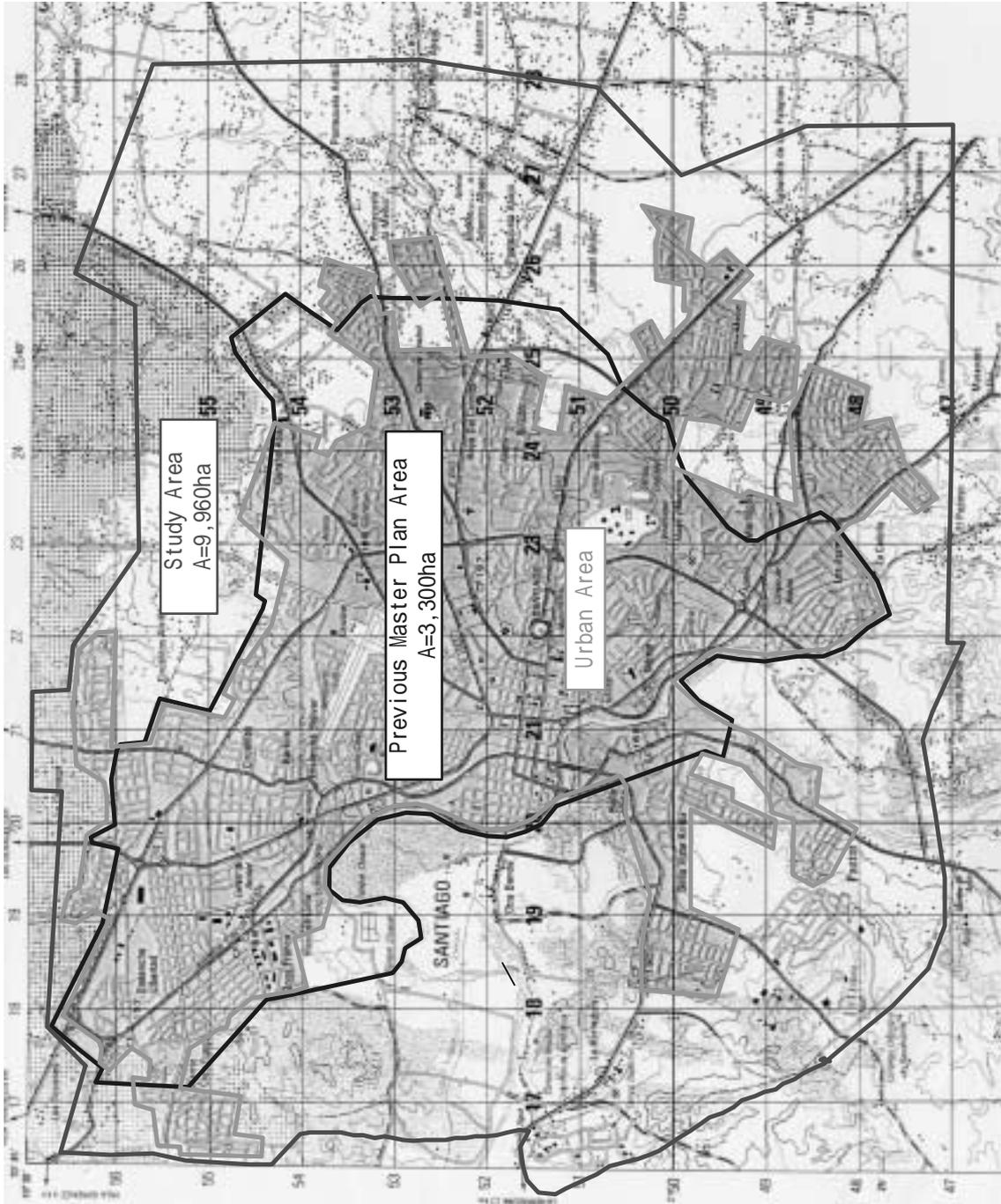
Como se había mencionado la “Norma de calidad del agua y control de descargas, AG-CC-01, Junio del 2001” define las calidades permisibles para la descarga de las aguas residuales

municipales a las aguas públicas de la región, y las calidades permisibles para la descarga de las aguas residuales al sistema público de alcantarillado.

El requisito mínimo permisible de calidad para los efluentes de las aguas residuales para ser vertidos en las aguas superficiales, como están tabulados más arriba, solo se obtienen con un tratamiento biológico secundario, preferiblemente de lodos activados o sus modificaciones.

Debido a que Rafey y otras plantas de tratamiento son del proceso convencional de lodos activados u otro proceso secundario (excepto las pequeñas plantas de La Lotería, Thomen y P.U.C.M.M, las cuales tratan sus aguas residuales mediante un tanque Imhoff o estanque de oxidación), las plantas existentes son capaces de satisfacer los límites permisibles si son rehabilitadas o expandidas.

Las nuevas plantas de tratamiento planificadas para los Distritos de la Zona Sur, La Herradura y Licey, el proceso de tratamiento secundario más deseable que cumpla con el estándar será escogido basado en los estudios de ingeniería y económicos.

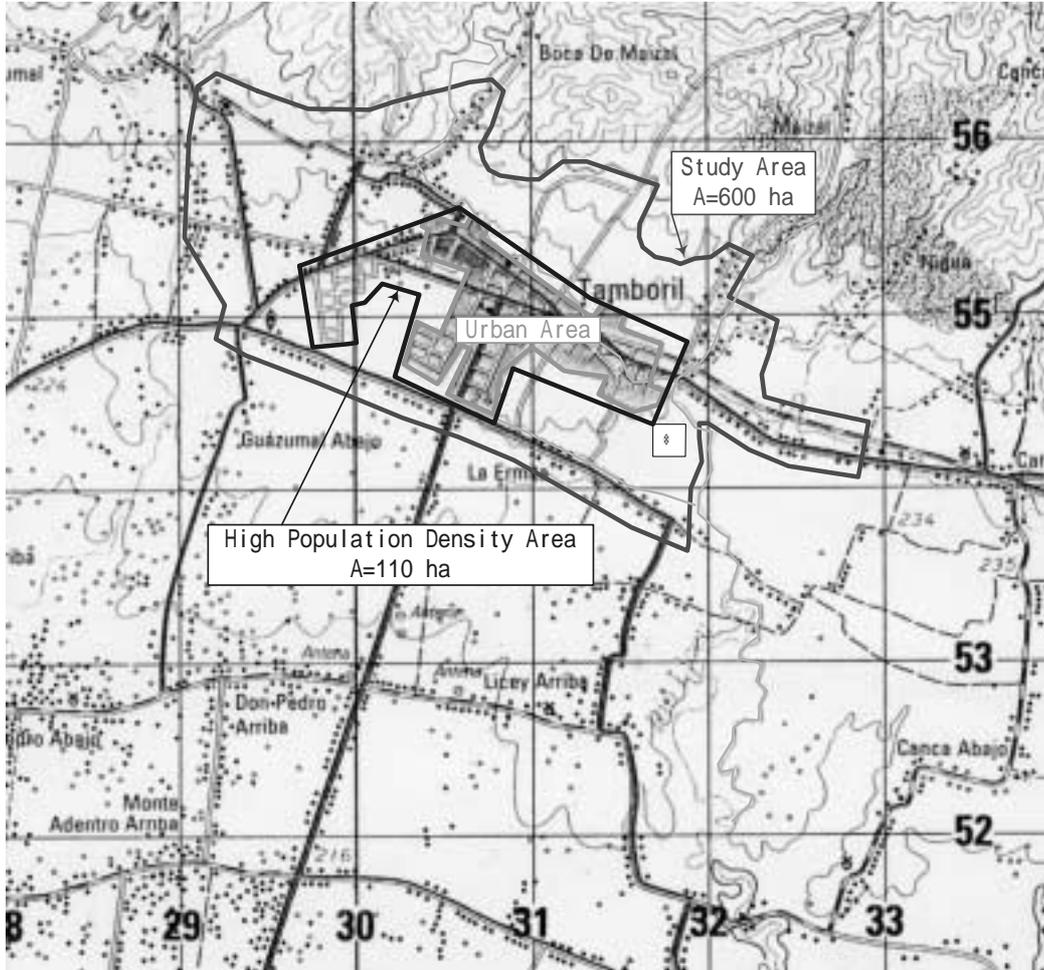


EL ESTUDIO SOBURE EL MEJORAMIENTO DEL
SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO
AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 9.1

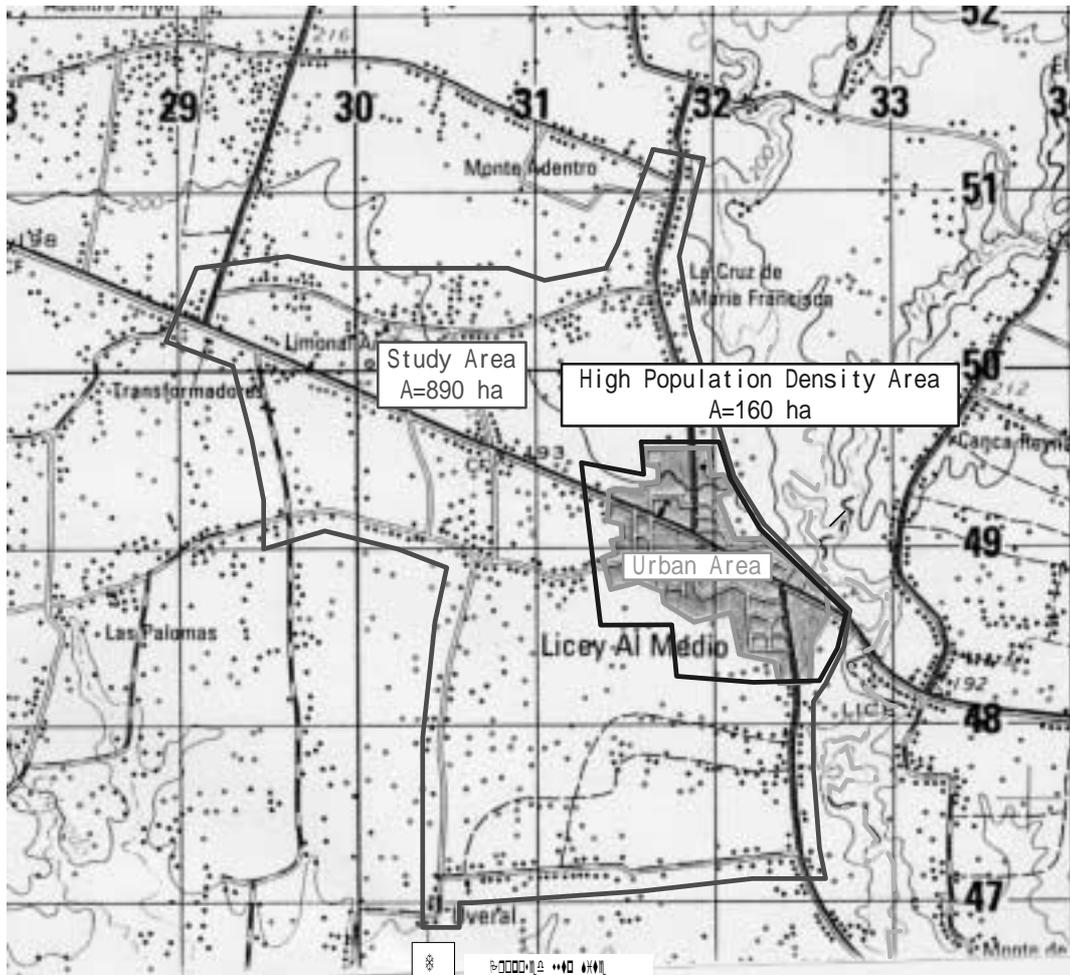
Área de Estudio de Santiago



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

Figura 9.2
Área de Estudio de Tamboril

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

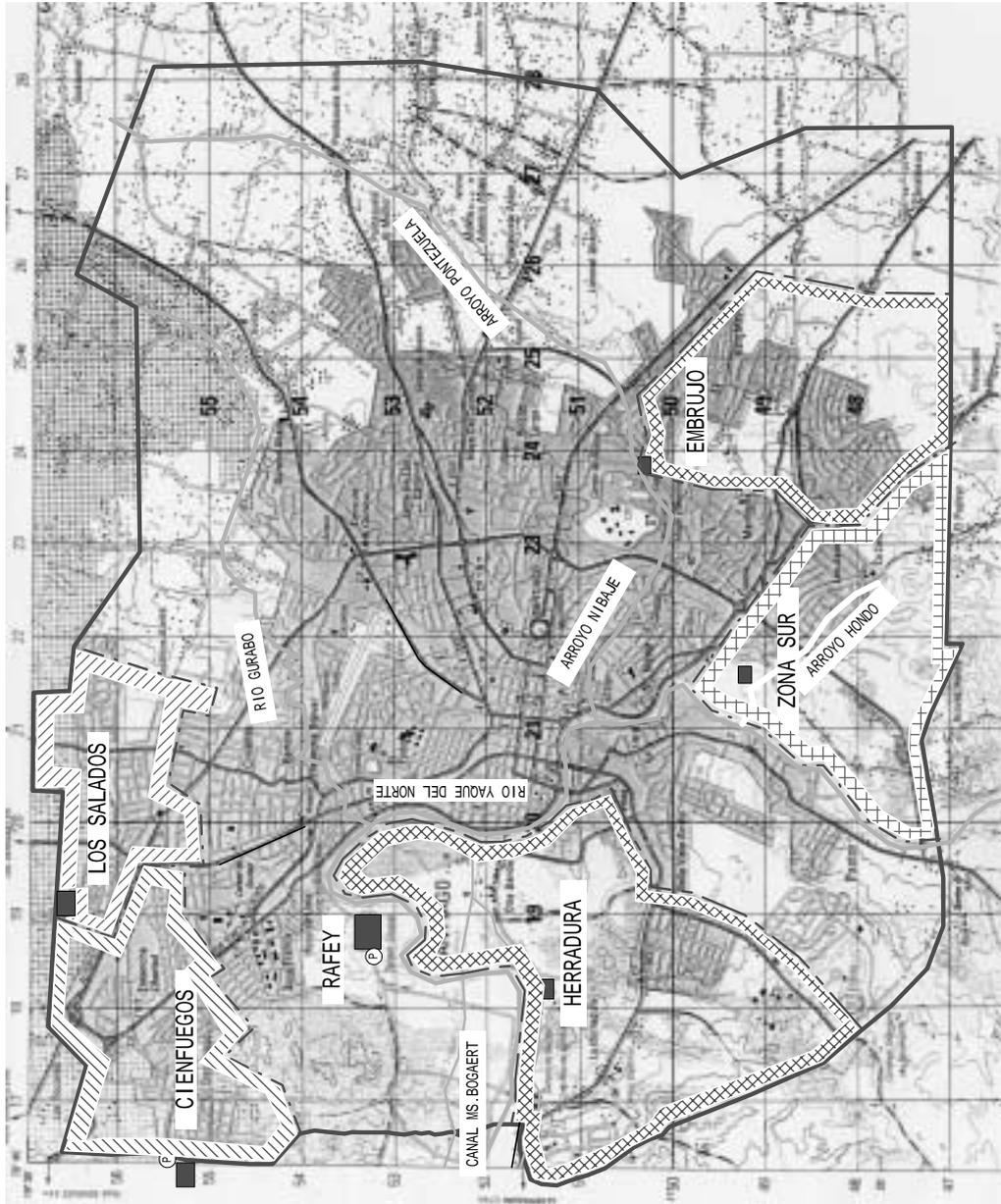


EL ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EL MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE SANTIAGO

Figura 9.3

Área de Estudio de Lacey

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



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

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Figura 9.4
 Distrito de Alcantarillado de Santiago