

# ESTUDIO DE MANEJO DE SANEAMIENTO AMBIENTAL EN LA COSTA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO EN LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Informe Final  
Volumen I (S)  
RESUMEN

OCTUBRE 2004

Kokusai Kogyo Co., Ltd.

GE
JR
04-012



## **PREFACIO**

En respuesta a la solicitud presentada por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, el Gobierno de Japón decidió llevar a cabo un estudio sobre el Manejo de Saneamiento Ambiental en la Costa del Estado de Quintana Roo y encomendó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA seleccionó y envió un equipo de estudio encabezado por el Ing. Hiroshi Kato, de KOKUSAI KOGYO CO., LTD. a México cuatro veces entre marzo de 2003 y agosto de 2004.

Además, la JICA organizó un comité asesor encabezado por el Ing. Kenichi Tanaka, un consejero del Instituto de Investigaciones sobre Cooperación Internacional, quien examinó el estudio desde el punto de vista técnico y como especialista.

El equipo mantuvo discusiones con los funcionarios interesados del Gobierno de México y realizó investigaciones de campo en el área de estudio. Después de su retorno al Japón, el equipo elaboró este informe final.

Espero que este informe contribuya a poner el plan en práctica y el fortalecimiento de las relaciones de amistad entre nuestros dos países.

Finalmente, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a los funcionarios involucrados del Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos por la estrecha cooperación extendida al estudio.

Octubre, 2004

Etsuo KITAHARA

Vice-presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Octubre 2004

Sr. Etsuo KITAHARA  
Vice-presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

### **Carta de Transmisión**

Estimada Sra. Sadako OGATA:

Nos complace hacerle entrega del informe del Estudio de Manejo de Saneamiento Ambiental en la Costa del Estado de Quintana Roo en los Estados Unidos Mexicanos.

Este informe consiste de tres componentes: un estudio de prácticas actuales del manejo de saneamiento ambiental en tres municipios ubicados al sur del Estado de Quintana Roo en la península de Yucatán; la formulación de un plan maestro de saneamiento ambiental hasta el año 2015 e informe de proyectos modelos delineados del plan maestro.

Debido a las características geológicas peculiares (formación cárstica) de la Península de Yucatán, las aguas de lluvia se filtran en el subsuelo formando a través de la estructura porosa cenotes y cavernas que nutren el rico ambiente acuático costero como la vegetación de manglares y el segundo sistema arrecifal coralino Mesoamericano más grande del mundo. Considerando lo expuesto y desde el punto de vista del saneamiento ambiental, se clarificó a través del estudio sobre las prácticas presentes que las aguas subterráneas son considerablemente vulnerables a la rápida urbanización que se desarrolla en el área del estudio.

El plan maestro fue formulado apuntando a controlar las cargas de contaminantes de aguas residuales y residuos sólidos, con el objetivo principal de conservar el ambiente acuático costero. Para lograr el objetivo principal se han formulados sistemas técnicos, legales, de organización y aspectos financieros.

Además, dentro del período del estudio se llevaron a cabo nueve proyectos modelos considerados como medidas urgentes en el plan maestro: un proyecto enfocando el manejo de las aguas residuales, seis sobre manejo de los residuos sólidos, uno sobre el manejo de las aguas subterráneas y uno sobre educación ambiental que conciernen a los tres enfoques anteriores. Estos proyectos modelos han sido dado seguimiento y expandidos por la parte mexicana. En consecuencia, el plan maestro ya ha sido implementado y actualmente el Estudio está dando resultados fructíferos.

Quisiéramos aprovechar esta oportunidad para expresar nuestro sincero agradecimiento a su Agencia, al Ministerio de Relaciones Exteriores, al Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte y al Ministerio del Ambiente del Japón. Además, deseamos extender nuestra profunda gratitud al Gobierno de México, la Embajada de Japón y la oficina de JICA en México por su valiosa cooperación durante la implementación de nuestro estudio en México.

Finalmente, es nuestro deseo que el rendimiento de este informe, aquí presentado contribuya al desarrollo sustentable no solamente del Área de Estudio sino también en el Estado de Quintana Roo y en la Península de Yucatán.

Sinceramente

Hiroshi KATO  
Líder del Equipo  
Estudio de Manejo de Saneamiento Ambiental en la Costa  
del Estado de Quintana Roo en los Estados Unidos  
Mexicanos

# Compendio del Plan Maestro

## 1 Perfil del Estudio

### 1.1 Objetivos del Estudio

- 1) Preparación del Plan Maestro de Manejo de Saneamiento Ambiental, que integró el manejo de aguas residuales y residuos sólidos, con el objetivo de preservar el ambiente acuático en la costa del Estado de Quintana Roo, estableciendo el 2015 como año meta;
- 2) Llevar a cabo un estudio de factibilidad de proyectos modelo de saneamiento identificados en el plan maestro; y
- 3) Facilitar la transferencia de tecnología al personal de la contraparte (C/P) mexicana durante el desarrollo del Estudio.

### 1.2 Área de Estudio

El Área de Estudio estaba conformada por tres Municipios (Othón P. Blanco, Felipe C. Puerto, Solidaridad) en la costa del Estado de Quintana Roo (Ver “Mapa del Área de Estudio”).

### 1.3 Programa del Estudio

El Estudio inició en Marzo de 2003 basándose en los alcances de los Trabajos acordados entre el gobierno de México y el gobierno de Japón. Todos los trabajos en México finalizaron en agosto del 2004.

El período del Estudio se dividió en las siguientes cuatro fases.

- Fase I: Estudio Básico (Investigación de la situación actual), Marzo – Julio de 2003
- Fase II: Formulación del Plan Maestro de Manejo de Saneamiento Ambiental, Agosto- Octubre de 2003
- Fase III: Implementación de los Proyectos Modelo, Noviembre de 2003 – Mayo de 2004
- Fase IV: Evaluación de los Proyectos Modelo, Junio- Agosto de 2004

## 2 Plan Maestro

### 2.1 Conceptos Básicos

#### 2.1.1 Principio Guía, Objetivo Principal y Enfoque Básico

El Plan Maestro pretende integrar todos los esfuerzos del sector público, privado, residentes y visitantes bajo los siguientes valores compartidos.

a. **Principio Guía**

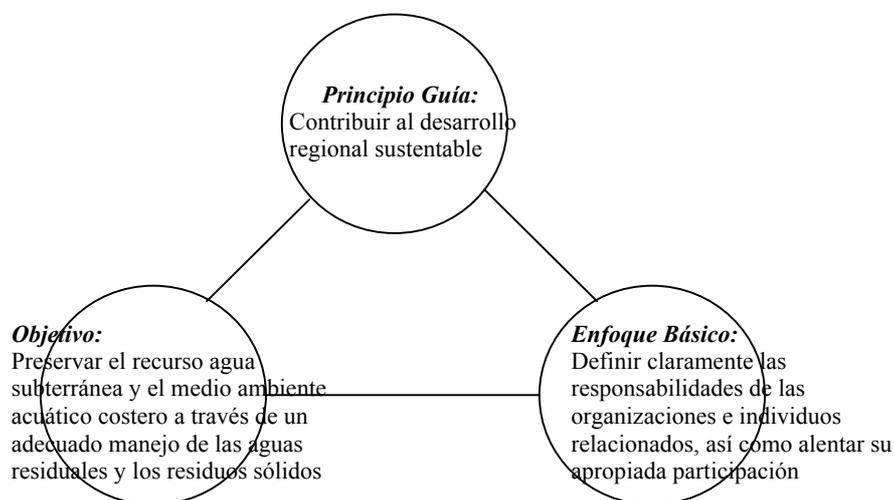
*Contribuir con el desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán.*

b. **Objetivo Principal**

*Preservar el recurso agua subterránea y el medio ambiente acuático en el sur del Estado de Quintana Roo, en otras palabras, en los municipios de Othón P Blanco, Felipe C. Puerto y Solidaridad, a través de un adecuado manejo de los residuos sólidos y aguas residuales.*

c. **Enfoques Básicos**

*Definir claramente las responsabilidades del sector público, privado, los residentes y los turistas, así como alentar su apropiada participación en el Manejo del Saneamiento Ambiental.*



2.1.2 **Cifra Meta del Plan Maestro**

La cifra meta del objetivo principal del Plan Maestro es:

*La cantidad de descarga de DBO proveniente de las aguas residuales y residuos sólidos deberá de ser menor de 5,200 ton/año para el año 2015, buscando controlar la concentración de DBO de las aguas subterráneas a 1.0 mg/litro y menos. Por sector estaría desglosado de la siguiente manera:*

*Menor a 3,100 ton/año de aguas residuales, y*

*Menor a 2,100 ton/año de residuos sólidos.*

## 2.2 Plan Maestro de Aguas Residuales

### 2.2.1 Objetivos, Cifras Metas, y Año Meta

#### a. Objetivo Principal y Cifra Meta

EL objetivo principal del Plan Maestro en lo relacionado al Manejo de Aguas Residuales (MAR) es:

*Preservar el recurso aguas subterráneas y el medio ambiente acuático en el área de estudio.*

La cifra Meta es;

*La cantidad descargada de DBO proveniente de aguas subterráneas sería de 3,100 ton/año en el 2015.*

#### b. Objetivos Particulares y Cifras Metas

Un Plan Maestro debería apuntar a lograr el objetivo principal, además, debería cumplir con el objetivo particular que se presenta a continuación y que es inherente al manejo de aguas residuales.

*Reducción en los riesgos a la salud de los residentes a través del empleo de tecnología adecuada.*

Con el fin de lograr el objetivo propuesto, se han establecido las cifras meta relacionados a la cobertura del servicio de alcantarillado y de la calidad del agua tratada, de la manera como se muestra en el Cuadro 1 y el Cuadro 2.

Cuadro 1: Cifras Meta para el Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales

Aspectos	Municipios	Actualmente	Obj. en el 2015
Número de conexiones	Othón P. Blanco	10,288	98,330
	Felipe Carrillo Puerto	114	14,562
	Solidaridad	1,770	107,059
Población con sistema de alcantarillado (base de población permanente)	Othón P. Blanco	37,044	413,971
	Felipe Carrillo Puerto	567	72,429
	Solidaridad	6,655	402,529
Proporción de cobertura para el sistema de alcantarillado (tubería de alcantarillado & tratamiento, base poblacional)	Othón P. Blanco	16.2%	99.7%
	Felipe Carrillo Puerto	0.9%	98.0%
	Solidaridad	4.7%	99.7%

Cuadro 2: Nivel de Tratamiento Meta según el Tamaño de la Población

Nivel de tratamiento	Tamaño de la comunidad	Objetivo en la calidad de agua tratada	
		BOD (mg/litro)	SS (mg/litro)
Nivel 1	100 a 1,499	150	125
Nivel 2	1,500 a 9,999	75	75
Nivel 3	10,000 a 49,999	50	50
Nivel 4	Más de 50,000	30	40

**c. Año Meta**

El año meta para el Plan Maestro es el siguiente: **Año 2015**

**2.2.2 Estimación de Costos**

Los costos del Plan Maestro son los siguientes.

Cuadro 3: Costos Globales del Plan Maestro

unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Othón P. Blanco	7.382	276.593	60.320	186.677	193.609	199.550	66.678	98.409	102.773	91.251	109.209	128.425	1,520.876
Felipe C. Puerto	2.028	17.505	3.264	3.701	17.539	4.514	23.511	43.399	30.525	31.369	32.946	33.956	244.257
Solidaridad	165.711	186.520	56.711	338.476	62.655	209.531	199.490	64.701	62.171	64.418	69.171	58.874	1,538.429
Total	175.121	480.618	120.295	528.854	273.803	413.595	289.679	206.509	195.469	187.038	211.326	221.255	3,303.562

**2.2.3 Análisis Financiero**

El flujo de ingresos y costos del Plan Maestro de Aguas Residuales por el período del Plan Maestro fue examinado con respecto a la viabilidad financiera utilizando los siguientes índices: tasa interna de retorno financiera (TIRF), valor presente neto (VPN) calculado con tasa de descuento del 10%, y la relación beneficio costo (B/C) también calculado con tasa de descuento del 10%, como se indica en el siguiente Cuadro.

Cuadro 4: Resultados de Análisis Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Fuentes de Ingresos e Índices	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Derechos de Aguas Residuales				
TIRF (%)			20.18	8.35
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	331.45	-84.84
B/C 10%			1.34	0.96
Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento =90% de ingresos brutos)				
TIRF (%)			32.76	17.12
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	644.72	343.79
B/C 10%			1.67	1.18
Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento =95% de ingresos brutos)				
TIRF (%)			28.66	14.62
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	537.06	220.13
B/C 10%			1.56	1.11

## 2.3 Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

### 2.3.1 Objetivos, Cifras Meta y Año Meta

#### a. Objetivo Principal y Cifras Meta

El principal objetivo del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos es:

*Preservar el recurso agua subterránea y el medio ambiente acuático costero en el área de estudio*

La cifra meta establecida es:

*La cantidad de descarga de DBO que es originada por los residuos sólidos debe ser menor a 2,100 ton/año para el año 2015.*

#### b. Objetivos Particulares y Cifras Metas

El Plan Maestro apunta hacia el logro del objetivo principal, asimismo tiene la finalidad de cumplir con los siguientes roles para el manejo de los residuos sólidos.

- **Proveer de un medio ambiente habitable higiénico:** a través de la remoción de los desechos de las casas y comunidades (recolección de los residuos)
- **Mitigar el impacto medio ambiental originado por los residuos:** a través de una apropiada disposición de los residuos recolectados (una apropiada disposición)
- **Conservación de los recursos:** a través de la contribución del establecimiento de una sociedad orientada hacia el reciclaje utilizando la reducción y el reciclaje, etc. (reducción en las fuentes de origen de los residuos).

El siguiente cuadro muestra los valores meta de los objetivos particulares por municipio:

Cuadro 5: Valores Meta del Plan Maestro para el MRS (por Municipios)

Aspectos	Presente	Objetivos Particulares para el 2015	
Tasa de Minimización de Residuos	0	Área de Estudio: 23% OPB: 23% FCP: 23% SOL: 24%	
Tasa de Recolección (): incluye la cifra para el área rural	Área de Estudio: 75% (61%) OPB: 72% (57%) FCP: 29% (18%) SOL: 88% (82%)	Área de Estudio: 99% (86%) OPB: 99% (82%) FCP: 87% (49%) SOL: 100% (95%)	
Nivel de Disposición	OPB: Descarga a cielo abierto y controlada FCP: Descarga a cielo abierto SOL: Descarga a cielo abierto y relleno sanitario con control de gas	Población 2,500 - 7,999: 8,000 - 34,999: 34,999 - 99,999: 100,000 y más:	Nivel de Disposición Descarga controlada Botadero cercado Relleno con control de gas Relleno sanitario con control de lixiviados

OPB, Othon P Blanco; FCP, Felipe C Puerto, SOL, Solidaridad

### c. Año Meta

El año meta para el Plan Maestro ha sido establecido de la siguiente manera:

#### *Plan Maestro: año 2015*

Las acciones estratégicas que ayudarán a conseguir los objetivos deberán de ser, en la práctica, introducidos paso a paso hasta alcanzar el año meta 2015. Se recomienda dividir el periodo hasta alcanzar el año meta en tres fases.

<i>Fase 1:</i>	<i>Mejoramiento a corto plazo</i>	<i>(2004 al 2007)</i>
<i>Fase 2:</i>	<i>Mejoramiento a mediano plazo</i>	<i>(2008 al 2011)</i>
<i>Fase 3:</i>	<i>Mejoramiento a largo plazo</i>	<i>(2012 al 2015)</i>

### 2.3.2 Estimación de Costos

El costo total requerido para la implementación del Plan Maestro se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 6: Costo Total del Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	3,156	4,768	4,017	4,366	3,957	28,316
Recolección	34,001	54,560	48,763	58,608	54,670	56,298	57,915	69,421	74,547	67,694	73,876	70,477	720,830
Inversión	11,187	23,507	13,475	17,545	11,176	10,483	9,724	17,963	23,155	15,378	20,207	14,960	188,760
O&M	22,814	31,053	35,288	41,063	43,494	45,815	48,191	51,458	51,392	52,316	53,669	55,517	532,070
Reciclaje (compostaje)	0	0	4,818	1,683	2,596	2,596	4,070	4,070	4,983	8,899	7,579	7,579	48,873
Inversión	0	0	3,135	0	704	352	1,408	704	1,045	4,543	2,101	1,397	15,389
O&M	0	0	1,683	1,683	1,892	2,244	2,662	3,366	3,938	4,356	5,478	6,182	33,484
Disposición final	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	25,436	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	293,004
Inversión	0	0	0	0	2,486	0	0	7,600	1,865	0	0	5,700	17,650
O&M	13,348	15,927	17,949	21,377	22,796	24,167	25,436	26,261	26,253	26,794	27,300	27,746	275,354
Sub-total	47,349	71,680	72,279	82,520	84,264	84,182	89,842	110,508	112,416	107,404	113,121	115,459	1,091,023
Inversión	11,187	23,507	16,610	17,545	14,366	10,835	11,132	26,267	26,065	19,921	22,308	22,057	221,799
O&M	36,162	48,173	55,669	64,975	69,898	73,347	78,710	84,241	86,351	87,483	90,813	93,402	869,224
administración (10% de O&M)	3,616	4,818	5,567	6,498	6,990	7,335	7,872	8,425	8,636	8,748	9,081	9,341	86,927
Total	50,965	76,498	77,846	89,018	91,254	91,517	97,714	118,933	121,052	116,152	122,202	124,800	1,177,950
Inversión	11,187	23,507	16,610	17,545	14,366	10,835	11,132	26,267	26,065	19,921	22,308	22,057	221,799
O&M	39,778	52,991	61,236	71,473	76,888	80,682	86,582	92,666	94,987	96,231	99,894	102,743	956,151

### 2.3.3 Análisis Financiero

Para los propósitos del análisis financiero, tres escenarios básicos se presentaron por cada municipio y también para el Área de Estudio. Los escenarios básicos fueron diferenciados de acuerdo a las tarifas o derechos mensuales de la manera siguiente:

- Escenario 1: Usuarios domésticos 30 Pesos, firmas comerciales 100 Pesos
- Escenario 2: Usuarios domésticos 40 Pesos, firmas comerciales 150 Pesos
- Escenario 3: Usuarios domésticos 50 Pesos, firmas comerciales 200 Pesos

Resultados del análisis se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7: Resultados de Análisis Financiero del Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

Aspecto	OPB	FCP	SOL	Área de Estudio
Escenario	3	2	3	3
TIRF (%)	18.9	37.4	11.4	18.1

## 2.4 Evaluación del Plan Maestro

### a. Costo

El siguiente cuadro presenta el costo incremental del Plan Maestro que alcanza a 3,304 Millones de Pesos para el Manejo de las Aguas Residuales y 441 Millones de Pesos para el Manejo de los Residuos Sólidos, por un total de 3,745 Millones de Pesos para el Plan Maestro.

Cuadro 8: Costo Incremental del P/M

Unidad: millones de pesos

Año	Manejo de Aguas Residuales	Manejo de Residuos Sólidos	Total
2004	175	14	189
2005	481	32	513
2006	120	29	149
2007	529	37	566
2008	274	35	309
2009	414	31	445
2010	290	33	323
2011	206	51	257
2012	196	49	245
2013	187	42	229
2014	211	44	255
2015	221	44	265
Total	3,304	441	3,745

### b. Beneficio

El Plan Maestro apunta a **preservar las aguas subterráneas y el ambiente acuático costero en el Área de Estudio** protegiéndolos del manejo inapropiado de las aguas residuales y de los residuos sólidos, y se espera que produzca los siguientes beneficios:

- 1) **Mantenerse como un atractivo turístico:** para evitar impactos negativos en el turismo por causa de la degradación ambiental
- 2) **Preservación de la biodiversidad:** para evitar la pérdida de los recursos que podrían ser utilizados como alimentos y/o medicinas en el futuro

**3) Protección de la fuente de agua para consumo humano:** para evitar el costo de tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas, y prevenir el brote de enfermedades

**c. Evaluación Económica Cuantitativa sobre Ingresos por Turismo**

Es obvio que una zona turística no puede florecer una vez que su imagen esté dañada, a pesar de que no haya habido una teoría o pruebas empíricas que expliquen la correlación entre el grado de la contaminación de agua/degradación ambiental y la disminución en ingresos por turismo. Quintana Roo tiene muchos sitios históricos de la cultura Maya que son atractivos para los turistas. Sin embargo, la atracción más importante es su área costera que tiene playas de arena blanca y aguas de azul turquesa que son alimentadas por las abundantes aguas subterráneas. Por consiguiente, es razonable estimar que la destrucción del ambiente costero causada por la contaminación de las aguas subterráneas y de las aguas marinas puede causar una seria disminución en los ingresos por turismo.

La evaluación económica de este Estudio estima en forma conservadora los efectos adversos de la contaminación de agua/degradación ambiental sobre el turismo en el caso “sin el Plan Maestro”, definiendo los efectos adversos como una disminución del 1%/año con respecto a las tasas proyectadas de crecimiento después de 2006, y una disminución del 10% en 2015.

Se considera como beneficio la diferencia en ingresos entre los casos “con el Plan Maestro” y “sin el Plan Maestro”. El Cuadro siguiente muestra que los beneficios acumulados al 2015 se estiman en 10,529 Millones de Pesos.

Se calcularon el Valor Presente Neto (VPN), la relación Beneficio Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) a partir de los valores de Costos y Beneficios. Los resultados fueron, como se presenta en el Cuadro siguiente, VPN = 2,545 Millones de Pesos, relación B/C = 2.06, TIR = 39.00%.

Cuadro 9: VPN, Relación B/C, y TIR del Plan Maestro (tasa de disminución: 1.0% por año con respecto a las tasas proyectadas)

Unidad: millones de pesos

Año	Beneficio	Costo	Balance	Porcentaje de reducción 10%		
				Beneficio	Costo	VPN
2004	0	189	-189	0	189	-189
2005	0	513	-513	0	466	-655
2006	151	149	2	125	123	-653
2007	317	566	-249	238	425	-840
2008	497	309	188	339	211	-712
2009	691	445	246	429	276	-559
2010	897	323	574	506	182	-235
2011	1,115	257	858	572	132	205
2012	1,344	245	1,099	627	114	718
2013	1,584	229	1,355	672	97	1,293
2014	1,836	255	1,581	708	98	1,903
2015	2,097	265	1,832	735	93	2,545
Total	10,529	3,745	6,784	4,951	2,406	
					VPN =	2,545
					B/C =	2.06
					TIR =	39.00%

Además, se evaluaron dos casos para el análisis de sensibilidad, con una disminución de 0.5%/año (para el Caso 1) y una disminución de 1.5%/año (para el Caso 3) de la cantidad de turistas proyectada después del 2006. Los resultados del análisis de sensibilidad arrojaron un VPN = 68 millones de Pesos, relación B/C = 1.03, y una TIR = 10.87% para el Caso 1; mientras que arrojaron un VPN = 5,020 millones de Pesos, una relación B/C = 3.09, y una TIR = 50.68% para el Caso 3.

Cuadro 10: Resultados del Análisis de Sensibilidad

Aspecto	Caso 1(-0.5%)	Caso 2 (-1.0%)	Caso 3 (-1.5%)
VPN (millones de pesos)	68	2,545	5,020
B/C	1.03	2.06	3.09
TIR	10.87%	39.00%	50.68%

**d. Conclusión**

El Plan Maestro busca prevenir las pérdidas económicas con respecto al turismo, a la biodiversidad y a la salud humana, cuyos beneficios se consideran como significativamente mayores que el costo del Plan Maestro. Por lo tanto, se evalúa que el Plan Maestro es factible desde el punto de vista económico.

Cuadro 11: Resumen de la Evaluación Económica del Plan Maestro

No.	Beneficio	Evaluación
1	<b>Mantenerse como atractivo turístico:</b> para evitar impactos negativos sobre el turismo debido a la degradación ambiental	El turismo en el Área de Estudio es importante no solamente para la economía regional sino también para la economía nacional. El Plan Maestro trata de evitar la imagen negativa causada por la degradación ambiental. La evaluación económica cuantitativa resultó en VPN=2,545 Millones de Pesos, B/C=2.06, TIR=39.00%
2	<b>Preservación de la biodiversidad:</b> para evitar la pérdida de los recursos que podrían ser utilizados como alimentos y/o medicinas en el futuro	El Área de Estudio abarca un ambiente acuático único y ecosistemas valiosos en donde se encuentra una rica biodiversidad. El Plan Maestro contribuye a preservar esta biodiversidad.
3	<b>Protección de la fuente de agua para consumo humano:</b> para evitar costos adicionales de tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas, y prevenir el brote de enfermedades	El número de casos de infecciones intestinales causadas por la contaminación del agua para consumo humano es más alto en la Península de Yucatán que el promedio nacional. La pérdida económica causada por el ausentismo debido a esta afección intestinal es significativa. El Plan Maestro contribuye a evitar esta pérdida.

### 3 Conclusiones y Recomendaciones

#### 3.1 Conclusiones

##### 3.1.1 Preservación del Agua Subterránea

###### a. Amenazas para el Agua Subterránea

El agua subterránea alimenta el medio ambiente acuático costero que es un recurso importante para el turismo y hábitat para diversas especies de animales y plantas; asimismo, es fuente única para abastecimiento de agua en la Península de Yucatán.

La capa del agua dulce en la península es delgada debido a la intrusión del agua de mar. En efecto, en áreas cercanas a la línea costera, el agua subterránea se torna salina a 5 o 10 metros bajo el nivel estático del agua. La mayoría de pozos de extracción para abastecimiento de agua se encuentran ubicados entre 20 y 30 km de la línea costera donde el agua dulce es extraída hasta una profundidad de 50 m o más, sin embargo, cualquier sobre-explotación podría causar salinización localizada.

Por otra parte, se estima que la amenaza más seria para el agua subterránea está representada por el agua residual generada por viviendas y hoteles. En este sentido, debe observarse que las tasas de cobertura en el Área de Estudio son muy bajas, siendo de 16% para Othón P. Blanco, 1% para Felipe C. Puerto, y 5% para Solidaridad. Incluso para áreas que tienen cobertura del sistema de alcantarillado, los residentes se muestran renuentes para conectar sus drenajes internos domiciliarios con el servicio público de alcantarillado debido a razones económicas. Más aún, debido a la ausencia de ríos superficiales, el agua residual tratada por

las plantas es descargada en la parte salina del acuífero, lo que conlleva a la contaminación del agua subterránea.

En relación al manejo de los residuos sólidos, se considera que los trabajos de recolección en comunidades urbanas en Othón P. Blanco y Solidaridad se han estado ejecutando relativamente bien. Sin embargo, la disposición de los residuos es inadecuada, esta situación puede estar causando una generación considerable de lixiviados que posteriormente contaminan el agua subterránea.

La industria de servicios que se enfoca en el turismo es la más importante en el Área de Estudio. La industria manufacturera no se ha desarrollado aún y la agricultura no es una actividad extendida en el Estado. Por lo tanto, se supone que las principales fuentes de contaminación del agua subterránea son las aguas residuales y los residuos sólidos generados por los pobladores del estado y los turistas que lo visitan. El Estudio ha estimado que 60% de la carga contaminante proviene las aguas residuales y el 40% restante de los residuos sólidos.

#### **b. Qué podría suceder en el Futuro?**

Se ha proyectado un rápido aumento poblacional y de turistas en el Área de Estudio. La proyección de la población para el 2015 alcanza 893,000 personas que, en efecto, representa el doble de la población estimada para el 2003 que llega a ser de 435,000 personas. Por otro lado, se estima que la cifra de un 1,757,000 turistas que visitaron el área en el 2003, podría incrementarse a 3,156,000 turistas visitantes para el año 2015.

Para el caso en que ninguna medida sea tomada en los sectores asociados al manejo de aguas residuales y de residuos sólidos, se ha estimado que el agua subterránea podría contaminarse hasta alcanzar una concentración de DBO igual a 4.9 mg/litro como resultado de la carga contaminante recibida por los dos sectores mencionados con anterioridad. Este nivel de contaminación es equivalente a tener un agua clasificada como Clase C de acuerdo con la norma ambiental definida para ríos en el Japón; lo anterior significa que el agua subterránea no sería adecuada como fuente para abastecimiento de agua. Incluso, esta calidad de agua podría deteriorar el medio ambiente acuático costero, por ejemplo, cenotes, cavernas, y arrecifes.

El deterioro ambiental previsto traería como consecuencia una pérdida en el interés del área como centro de recreación para turistas, pérdida en la biodiversidad, y se constituiría en un riesgo para la salud. Se estima que las pérdidas en divisas por actividades turísticas solamente alcanzarían los 10,529 millones de pesos debajo de la proyección original para el año 2015.

Se concluye que la carga contaminante derivada de las aguas residuales y los residuos sólidos contaminaría el agua subterránea; lo anterior, resultaría en un deterioro del medio ambiente

acuático costero. En consecuencia, el desarrollo sustentable del Área de Estudio se vería seriamente obstaculizado.

### **3.1.2 Plan Maestro**

#### **a. Concepto Básico**

El Plan Maestro propuesto establece como principio guía “contribuir al desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán”; como objetivo principal “preservar el agua subterránea y el medio ambiente acuático costero en el sur del Estado de Quintana Roo por medio del manejo de las aguas residuales y los residuos sólidos”; y como el enfoque básico “definir las responsabilidades del sector público, el sector privado, y los turistas, y de fomentar su adecuada participación en el Manejo del Saneamiento Ambiental.”

En este sentido, se han propuesto como valores metas del Plan Maestro que la cantidad de DBO descargada que proviene del agua residual y los residuos sólidos sea de 5,200 toneladas/año para el año 2015; 3,100 toneladas/año corresponderían a las aguas residuales y 2,100 toneladas/año corresponderían a los residuos sólidos. La definición de estos valores tiene el fin de poder controlar la concentración de la DBO en 1.0 mg/litro y menos.

#### **b. Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales**

Con el propósito de alcanzar los valores objetivos antes mencionados, el Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales propone la implementación de varios niveles de tratamiento, tomando en cuenta las características de la distribución poblacional en el Área de Estudio. Se propone un nivel más alto de tratamiento (mayor reducción de la carga contaminante) para poblaciones de mayor magnitud y un menor nivel de tratamiento para poblaciones pequeñas. Además, debe considerarse que la cantidad de reducción de la carga contaminante por costo es mayor en instalaciones de mayor envergadura. En consecuencia, el Plan Maestro propone priorizar los proyectos en grandes comunidades, teniendo en mente la efectividad en costos. La institución responsable es CAPA (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado).

El costo total del Plan Maestro en este sector alcanza los 3,300 millones de pesos hasta el 2015. Los resultados del análisis financiero establecen que la tarifa actual puede básicamente cubrir la totalidad de los costos, en el caso que se considere el Área de Estudio como una unidad; sin embargo, la tarifa no puede cubrir los costos de los municipios de Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, si se evalúan los municipios de manera individual.

#### **c. Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos**

El Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos se enfoca en comunidades urbanas que tendrían una población superior a las 25,000 personas para el año 2015; se tomó en

consideración para definir esta cifra, la relación entre el tamaño de la comunidad y las demandas por el servicio de residuos sólidos. Para el caso de grandes comunidades, se proponen una cobertura mayor para la recolección de residuos y maneras más sofisticadas para la disposición de residuos. Además, se establece la minimización de residuos, que tiene como consecuencia una reducción de la carga contaminante y la conservación de recursos. Los gobiernos municipales son las autoridades responsables y la SEDUMA se encargaría de guiarlos y brindarles apoyo.

El costo total del Plan en este sector alcanzaría los 1,178 millones de pesos para el año 2015. Sin embargo, el costo incremental es sólo de 441 millones, si se toma en cuenta la manera como se provee el servicio de residuos sólidos en la actualidad. El análisis financiero define que con el fin de cubrir la totalidad de los 1,178 millones de pesos, es necesario aumentar el cobro a los residentes de 40 a 50 pesos/mes/vivienda; mientras que para los negocios sería necesario aumentarlo de 150 a 200 pesos/mes/negocio. Si se logra implementar la tarifa propuesta, entonces se puede alcanzar la auto-suficiencia financiera.

#### **d. Beneficios**

Los beneficios que se anticipan con la implementación del Plan Maestro son: 1) mantener el área como un atractivo para los turistas, 2) la preservación de la biodiversidad, y 3) la protección de la fuente para el abastecimiento de agua potable. Se realizó una evaluación económica cuantitativa enfocándose sólo en el primer beneficio; dicha evaluación dio como resultado una TIRE (Tasa Interna de Retorno Económica) de 39%, un VNP (Valor Neto Presente) de 2,545 millones de pesos y una relación B/C (Relación Beneficio – Costo) de 2.06. Por lo tanto, se concluye que el Plan Maestro es económicamente factible.

### **3.1.3 Proyectos Modelos**

Una investigación sobre las condiciones hidrogeológicas y algunas medidas listadas en el Plan Maestro fueron ejecutadas a manera de Proyectos Modelos.

El proyecto sobre el Tratamiento de Aguas Residuales tipo Urbano que se realizó en Playa del Carmen, Solidaridad, determinó que la manera actual de realizar la inyección de aguas residuales no es adecuada en virtud de las condiciones geológicas existentes y que puede ser mejorada. Además, se encontró amoníaco en el agua subterránea; lo que indica que la misma fue contaminada de manera artificial

Por otra parte, los residentes deben ser responsables de realizar la conexión del drenaje interno de sus viviendas con el sistema público de alcantarillado. La carga financiera que implica dicha conexión, aunada a una falta de conocimientos sobre la conservación del medio ambiente podrían desalentar a los residentes para realizar la conexión requerida. Por lo tanto,

aunque CAPA realizó esfuerzos para construir servicios públicos de alcantarillado, la cobertura real no aumentó en esa medida. Para hacerle frente al problema antes planteado, durante el proyecto sobre Tratamiento de Aguas Residuales para Pequeñas Comunidades se estableció un fondo para aliviar la carga financiera y se realizaron explicaciones a los residentes en conjunto con la educación ambiental. Como resultado de las medidas tomadas, se promovió la conexión al sistema de alcantarillado público entre los residentes.

El proyecto modelo para el Establecimiento de un Sistema de Información para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos formuló un marco en el que la SEDUMA y los municipios intercambien información sobre el Manejo de Residuos Sólidos; siendo la primera una institución estatal y los segundos los encargados de proveer el servicio de residuos sólidos. Este sistema también responde a los requerimientos de la nueva ley federal, “Ley General para la Preservación y Manejo de los Residuos.” En relación a este proyecto, se propone el establecimiento de una Unidad Ejecutora en la SEDUMA para promover y supervisar la implementación del Plan Maestro, y para promulgar una nueva ordenanza/reglamento municipal para el Manejo de los Residuos Sólidos con base en el Plan Maestro.

El proyecto para la Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco apuntó a establecer una manera para controlar los costos del servicio de residuos sólidos.

Este proyecto se ejecutó en conjunto con otros, como el Mejoramiento del Sitio de Disposición Final y el Mejoramiento de la Recolección. En concreto, los datos técnicos derivados de dichos proyectos modelos se unieron con datos sobre costos y, posteriormente, los resultados del análisis de los datos combinados fueron retroalimentados para mejorar la operación del sitio de disposición y los trabajos de recolección. Por tanto, este proyecto modelo pretendió fortalecer las capacidades fundamentales para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos. En un inicio, se encontró que la información sobre costos se encontraba dispersa en varias secciones del gobierno municipal, lo que dificultó la recopilación de información. Sin embargo, al final se lograron establecer canales de comunicación entre las diferentes secciones y el personal del municipio pudo percibir de primera mano las mejoras obtenidas, todo como resultado de la implementación de este Proyecto Modelo.

Por medio del proyecto para el Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final en Othón P. Blanco los residuos que se encontraban dispersos fueron acumulados en un área definida, compactados, y recubiertos con suelo, lo que mejoró la condiciones sanitarias. Entre otras mejoras realizadas, se construyó un camino de acceso que llevó a mejorar de manera significativa la manera de trabajar/operar en el sitio. Además, una vez que fue instalada la báscula camionera, se conoció con certeza la cantidad de residuos que eran descargados en el sitio. De hecho, la cantidad de residuos es una de las informaciones más importantes en el

Manejo de los Residuos Sólidos; en este sentido, se obtuvo que la cantidad promedio dispuesta durante el proyecto modelo alcanzó las 160 toneladas/día.

El proyecto para el Mejoramiento del Servicio de Recolección se realizó en los municipios de Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, Por medio de este Proyecto Modelo, se definió una manera para planificar rutas, registrar datos de operación, y evaluar datos. Como resultado de este proyecto, en Othón P. Blanco se obtuvo la reducción en el tiempo de operación de los vehículos de recolección y se aumentó la cantidad de residuos recolectados por cuadrilla; esto lleva a pensar que existe la posibilidad de reducir costos. Para el caso de Felipe C. Puerto, el Proyecto Modelo aumentó la cobertura a un 80%, cuando llegaba a ser sólo de 50% antes de la implementación del mismo.

Durante el Proyecto Modelo para el Establecimiento de un Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos en la Costa Maya se instalaron varias estaciones de acopio para realizar la recolección separada; dichas estaciones fueron administradas por un comité de reciente creación para el Manejo de Residuos Sólidos en la comunidad local; además, se iniciaron negociaciones con comerciantes para la recolección de botellas PET y latas. En pocas palabras, un nuevo Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos ha comenzado a operar en Costa Maya.

El proyecto modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje sirvió para preparar materiales educativos, por ejemplo, video y textos; además, se definió la manera de realizar la educación ambiental por medio del uso de dichos materiales. Como parte de este proyecto se implementó también una actividad de reciclaje de papel. Estas actividades fueron realizadas y reproducidas por la misma contraparte Mexicana.

## **3.2 Recomendaciones**

### **3.2.1 Recomendaciones para la Implementación del Plan Maestro**

#### **a. Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales**

##### 1. Mejoramiento en la Cobertura del Sistema de Alcantarillado

- Se debe priorizar el desarrollo del sistema de alcantarillado en las comunidades urbanas, teniendo en cuenta su efectividad en costos en relación a la reducción de la carga contaminante y que dichas comunidades generan una gran cantidad de carga contaminante.
- El manual y las experiencias adquiridas a lo largo del Proyecto Modelo para el Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades debería utilizarse para construir y operar un sistema de alcantarillado en las mismas, de ahora en adelante.
- CAPA debería procurar, en coordinación con la CNA, los costos de inversión requeridos para desarrollar los sistemas de alcantarillado.

## 2. Promoción de la Conexión de Drenaje Intra-domiliciar con el Sistema Público

- CAPA debería crear un equipo de proyecto para promover las conexiones intra-domiliciarias al sistema público. El equipo debería estar compuesto por personal de diversas secciones (multi-disciplinario), por ejemplo, planeamiento, construcción, operación y mantenimiento, y relaciones con la comunidad.
- La promoción debería realizarse no sólo en áreas donde ya existe un sistema de alcantarillado, sino también en sectores donde aún se planifica la construcción del mismo. La promoción debería realizarse con anticipación, antes o en las etapas iniciales de construcción.
- Con el fin de aliviar la carga financiera de los residentes, el fondo que se estableció para el Proyecto Modelo para el Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades debería aumentarse y utilizarse de manera intensiva.
- Con el propósito de aumentar la conciencia sobre la conservación ambiental, las explicaciones a los residentes deben realizarse en conjunto con la educación ambiental.

## 3. Aumento de los Ingresos y Reducción de Costos

- La tarifa por el servicio de alcantarillado, que ha sido establecida en 20% del cobro por el servicio de abastecimiento de agua, debería incrementarse en correspondencia con la ampliación del servicio del sistema de alcantarillado.
- Debería promoverse la instalación de micro-medidores y la tasa de recaudación debería mejorar.
- Los costos indirectos que representan 50% del costo total deberían reducirse.

### **b. Plan Maestro para el Manejo de los Residuos Sólidos**

#### 1. Mejoramiento de la cobertura de recolección de residuos

- Los trabajos para el mejoramiento de la recolección deberían continuar teniendo como base los manuales preparados y las experiencias adquiridas a lo largo del Proyecto Modelo para el Mejoramiento del Servicio de Recolección.
- La capacidad disponible para recolección, resultado de la mejoría, debería utilizarse para ampliar la cobertura de la recolección.

#### 2. Implementación de una Disposición Adecuada

- Los sitios existentes para la disposición deberían ser mejorados por medio del uso del manual preparado y las experiencias adquiridas durante el Proyecto Modelo para el Mejoramiento del Sitio de Disposición en Othón P. Blanco.
- La manera actual de disposición debería evolucionar hacia un sistema de relleno sanitario en Chetumal, la Riviera Maya, y la Costa Maya en correspondencia con el programa definido en el Plan Maestro.
- El municipio de Othón P. Blanco debería procurar los costos de inversión para la construcción del relleno sanitario en la Costa Maya, en coordinación con FONATUR.

#### 3. Promoción de la Minimización de Residuos

- El Proyecto Modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje debería ser continuado y reproducido en coordinación con el Ministerio de Educación y de otras instituciones relacionadas.
- El reciclaje de papel que fue impulsado durante el Proyecto Modelo debería ser reproducido.
- El reciclaje de materiales PET debería ser promovido en coordinación con ECOSE.

- La composta de residuos de poda debería iniciar en el futuro cercano.

#### 4. Acciones encaminadas hacia la Auto-suficiencia Financiera

- La recaudación de cobros por el servicio de residuos sólidos debería ser considerada e implementada a la brevedad posible.
- Se debería considerar, tan pronto como sea posible, un sistema que le cobre a los turistas por el servicio de residuos sólidos.

#### 5. Fortalecimiento del Sistema Institucional

- La Unidad Ejecutora que estaría a cargo de guiar y apoyar el Manejo de los Residuos Sólidos debería ser establecida en la SEDUMA.
- Los municipios deberían considerar la ordenanza propuesta relacionada al Manejo de los Residuos Sólidos.

### **3.2.2 Recomendaciones para la Preservación del Agua Subterránea**

#### 1. Establecimiento de un Sistema para el Monitoreo de las Aguas Subterráneas

- La CNA debería establecer un sistema de monitoreo que sea capaz de reflejar comprensivamente el estatus del agua subterránea de manera cuantitativa.
- Los resultados del monitoreo deberían ser utilizados para la implementación adecuada del Plan Maestro, por ejemplo, si los resultados del monitoreo muestran que existe una contaminación seria del agua subterránea en cierta área, se puede inducir una recomendación para priorizar la construcción del alcantarillado en dicha área.

#### 2. Mejoramiento y fortalecimiento del Sistema Institucional

- Se debería mejorar y fortalecer el sistema institucional actual con el propósito de hacer posible que la evaluación de los resultados del monitoreo traigan como consecuencia la implementación de las acciones necesarias para proteger el agua subterránea. Por ejemplo, si la calidad del agua subterránea es regulada cuantitativamente, los resultados del monitoreo pueden ser evaluados de acuerdo con la regulación y las siguientes acciones pueden ser tomadas de manera inmediata, en forma de investigaciones adicionales o como guías.
- La CNA debería iniciar el establecimiento de regulaciones para los pozos de inyección teniendo en consideración los resultados del Proyecto Modelo para el Manejo de Aguas Residuales tipo Urbano.

### **3.2.3 Recomendaciones para la Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero**

#### 1. Monitoreo de la Calidad de las Aguas Costeras Adyacentes

- Se debería estudiar la relación entre la calidad del agua subterránea y las aguas de mar en coordinación con el monitoreo realizado por la Marina en aguas adyacentes.
- Los trabajos de monitoreo de la Marina deberían ser diagnosticados y evaluados. Si es necesario, se deberían tomar medidas para el mejoramiento de dicho sistema.

## 2. Promover la Cooperación entre Proyectos y/o Instituciones Relacionadas

- La información debería ser intercambiada entre proyectos relacionados, tales como el proyecto para la Conservación del Arrecife Costero Mesoamericano; además, debe procurarse cualquier posible coordinación.
- La información debería intercambiarse entre las diversas instituciones que tratan con la conservación ambiental tales como la Universidad de Quintana Roo, el ITCH (Instituto Tecnológico de Chetumal), y el ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur).

Para concluir, el Equipo de Estudio quisiera agradecer a las organizaciones e individuos, tanto en México como en Japón, que han participado o cooperado a lo largo de este Estudio. Esperamos que el trabajo realizado en conjunto conlleve a alcanzar un desarrollo sustentable en el Área de Estudio, el Estado de Quintana Roo, y la Península de Yucatán.

# Estudio de Manejo de Saneamiento Ambiental en la Costa del Estado de Quintana Roo en los Estados Unidos Mexicanos

## **Listado de Volúmenes**

Volumen I	Resumen
Volumen I (S)	Resumen (versión en español)
Volumen II	Informe Principal
Volumen II (S)	Informe Principal (versión en español)
Volumen III	Anexo I
Volumen III (S)	Anexo I (versión en español)
Volumen IV	Anexo II
Volume IV(S)	Anexo II (versión en español)

## ***Este es el Resumen***

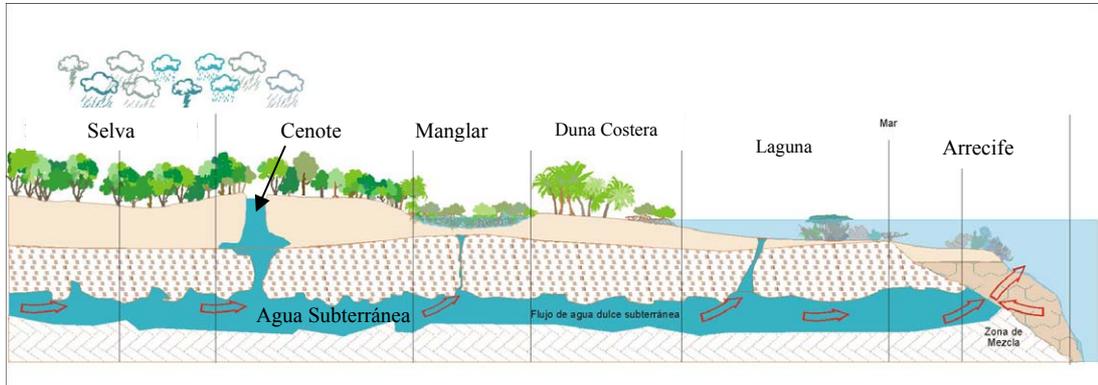
En este informe se estimaron los costos de los proyectos a precios de noviembre del 2003 y una tasa de cambio de US\$1.00 = 11.00 pesos Mexicano = 110 yenes de Japón.

# AREA DE ESTUDIO



**Lámina 1 Características del Área de Estudio**

La Península de Yucatán es una unidad geológica que está compuesta principalmente de calizas que son altamente permeables y solubles. La disolución de las rocas en cuestión ha creado una topografía conformada por cenotes y cavernas. El flujo subterráneo que tiene lugar bajo estas condiciones se encuentra conectado casi directamente con lagunas y arrecifes y, alimenta subsecuentemente el rico medio ambiente acuático en el Área de Estudio.

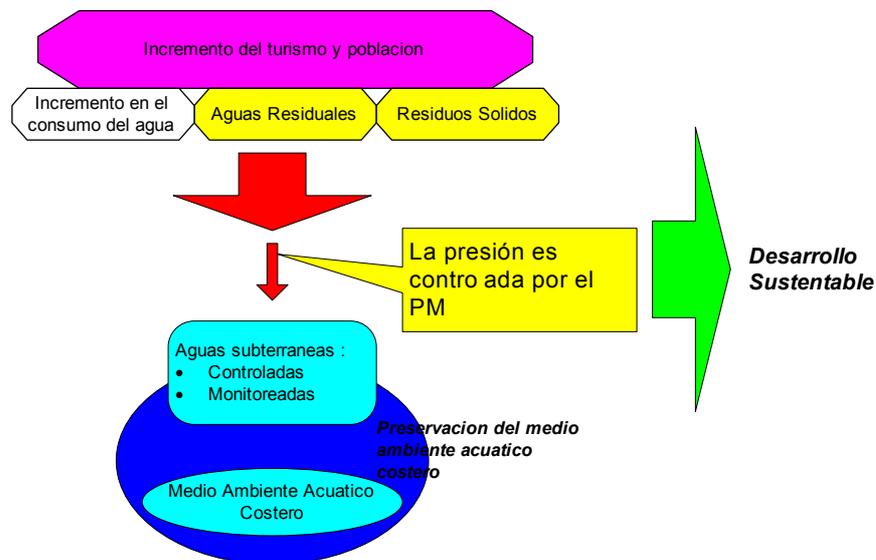


Laguna (Laguna Bacalar)



Playa en Costa Maya

Se teme que un manejo inadecuado de las aguas residuales y los residuos sólidos podría contaminar el agua subterránea que, posteriormente, deterioraría el medio ambiente acuático. El Plan Maestro propuesto en este Estudio apunta a controlar la carga contaminante proveniente de las aguas residuales y los residuos sólidos, de la manera como se muestra en la siguiente figura.



## Lámina 2 Reuniones y Seminarios

Se realizaron **Reuniones y Seminarios** que apuntaban a lograr un intercambio de información y tecnología entre la Contraparte Mexicana, el Equipo de Estudio de JICA, y otras instituciones relacionadas.

### **Reuniones Periódicas**



*Se realizaron reuniones bimensuales de manera periódica entre la Contraparte Mexicana y el Equipo de Estudio de JICA.*

### **Seminarios**



*Ocasionalmente, se realizaron Seminarios a lo largo del Estudio, en los se realizaron básicamente presentaciones de la Contraparte Mexicana y sirvieron para dar a conocer lo que se estaba ejecutando en ese momento y lo que se haría con posterioridad.*



*En los seminarios, no sólo participaron adultos, sino que también participaron niños quienes habían recibido clases que fueron realizadas como uno de los componentes del Proyecto Modelo sobre Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje.*

### ***Lámina 3 Proyecto Modelo sobre “Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbano”***

Se realizó un **Proyecto Modelo sobre Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbano** en Playa del Carmen, municipio de Solidaridad, con el propósito de investigar las condiciones hidrogeológicas y la calidad del agua subterránea en el sitio.

#### **Investigación Geofísica**



*Se realizó una investigación geofísica por medio de la resonancia electromagnética (TEM). El objetivo principal de la investigación fue determinar las características y distribución del acuífero calizo, así como definir la interfase agua dulce-agua salina en el área de estudio.*

#### **Pozos de Monitoreo**



*Con base en la investigación geofísica, se construyeron pozos a diferentes profundidades con el fin de confirmar la litología del acuífero, la distribución de las fracturas, la presencia de cavidades, la interfase entre el agua dulce-agua salina, y la calidad de las aguas.*

#### **Análisis de la Calidad del Agua**



*Se extrajeron muestras del agua subterránea de los pozos de monitoreo y su calidad fue analizada para determinar si existía contaminación.*

## ***Lámina 4 Proyecto Modelo “Tratamiento de Aguas Residuales tipo Villa”***

En Subteniente López, en el municipio de Othón P. Blanco, se realizó el **Proyecto Modelo sobre Tratamiento de Aguas Residuales tipo Villa** que tenía el propósito de verificar lo apropiado de un nuevo tipo de tratamiento para pequeñas comunidades y también buscaba alentar a los residentes para que se conectaran con el alcantarillado público.

### **Planta para el Tratamiento de Aguas Residuales**



*CAPA desarrolló una planta de tratamiento a pequeña escala para hacerle frente a los problemas asociados con las aguas residuales en pequeñas comunidades. El Equipo de Estudio de JICA hizo sugerencias y realizó algunas capacitaciones para la operación y mantenimiento de la planta.*

### **Explicaciones a los Residentes**



*Se realizaron varias reuniones para enfocar la atención de los residentes sobre la importancia de conservar el recurso agua subterránea y para alentarlos a conectarse al alcantarillado público.*

### **Conexión Intra-domiciliar**



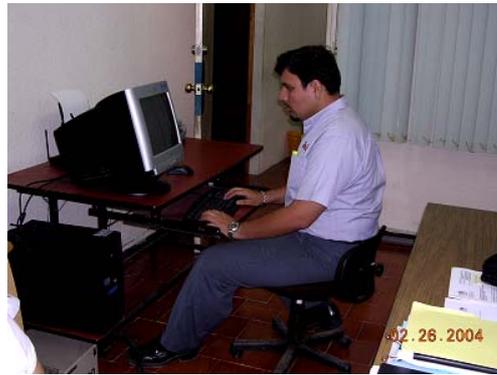
*Se estableció un fondo para apoyar financieramente a los residentes para que se conectaran al alcantarillado público. Se realizó la conexión para aproximadamente 100 casas.*

**Lámina 5 Proyecto Modelo para el “Establecimiento de un Sistema de Información para el Manejo Integral de Residuos Sólidos” y la “Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco”**

El Proyecto Modelo para el **Establecimiento de un Sistema de Información para el Manejo Integral de Residuos Sólidos** apuntó a establecer un marco donde las instituciones relacionadas pudiesen intercambiar información, lo que resultaría en un fortalecimiento de la coordinación entre ellas. El uso de este sistema llevará a monitorear la implementación del Plan Maestro que ha sido formulado en este Estudio.

El Proyecto Modelo para la **Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco** apuntó a establecer la manera de calcular y controlar el costo por el manejo de los residuos sólidos, de forma rutinaria por medio de la introducción del uso de un *software*.

Se equiparon algunas oficinas de la Contraparte Mexicana con computadoras que incluían el *software* requerido y se capacitó el personal adecuado para la ejecución de los Proyectos Modelos.



SEDUMA (Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente)



Municipio de Othón P Blanco



Municipio de Felipe C Puerto

**Lámina 6 Proyecto Modelo para el “Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final en Othón P. Blanco”**

---

El Proyecto Modelo para el **Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final** fue realizado teniendo en cuenta los siguientes componentes:

- Mejoramiento del sitio existente de disposición final por medio de la construcción de diques, compactación de residuos, cobertura de los residuos con suelo, y la instalación de tuberías para evacuar gases,
- transferencia de tecnología para la operación adecuada de un relleno que incluye un manual de operación, e
- introducción de un sistema para pesar el residuo que ingresa, a través de la instalación de una bascula camionera.

**Mejoramiento del Sitio**



Antes del Mejoramiento

*El sitio presentaba condiciones extremadamente anti-higiénicas, por ejemplo, residuos esparcidos, el camino de acceso se encontraba inundado, y se observaban una gran cantidad de moscas y aves.*



Durante el Mejoramiento

*El residuo fue acopiado y compactado, posterior fue cubierto con suelo.*



Después del Mejoramiento

*La condiciones sanitarias y la operación del sitio tuvieron una mejoría notable. El sitio se encontraba listo para continuar la misma practica como una rutina diaria.*

### **Instalación de la Báscula Camionera**

Se instaló una báscula camionera y se introdujo un sistema para registrar datos sobre el residuo que ingresa. Conocer de manera concreta la cantidad de residuo es crucial para el Manejo de los Residuos Sólidos, debido a que es una información necesaria para el planeamiento y la operación tanto los aspectos técnico como los financieros.



*La báscula fue instalada a la entrada del sitio. Se estableció un procedimiento para el pesaje, por ejemplo, la cuadrilla, con excepción del conductor, deberán bajarse del vehículo, los vehículos deberán posarse y salir del área de pesaje lentamente.*



*Se instaló una computadora; la misma se encuentra conectada a la báscula y registra la información. Además, se entrenó cierto personal sobre la manera cómo usar este sistema.*



*Se instaló un portón a la entrada del sitio con el fin de evitar el ingreso de vehículos y personas no-autorizadas.*

**Lámina 8 Proyecto Modelo sobre el “Mejoramiento del Servicio de Recolección en Othón P. Blanco” y “Mejoramiento del Servicio de Recolección en Felipe C. Puerto”**

El Proyecto Modelo sobre el **Mejoramiento del Servicio de Recolección en Othón P. Blanco** fue ejecutado en la ciudad de Chetumal. El objetivo principal consistió en mejorar la eficiencia de los trabajos de recolección que resultaría en una reducción de costos.

El Proyecto Modelo sobre el **Mejoramiento del Servicio de Recolección en Felipe C. Puerto** fue ejecutado en la ciudad de Felipe C. Puerto; éste también apuntó a mejorar la eficiencia. Además, la capacidad de recolección, ahora disponible como resultado de la mejoría en la eficiencia, se re-asignó para ampliar el área del servicio de recolección.

**Diagnóstico de la Situación Actual**



*Primero, la situación actual de los trabajos de recolección fue definida dándole seguimiento a los vehículos de recolección.*

**Análisis de Datos y Planeamiento**



*Los datos recopilados durante el diagnóstico fueron analizados y nuevas rutas de recolección y cronogramas de trabajo fueron planificados con base a dicho análisis.*

**Mejoramiento de los Trabajos de Recolección**



*Se pusieron en práctica las nuevas rutas de recolección y cronogramas de trabajo. Las explicaciones y capacitación sobre las nuevas rutas y cronogramas de trabajo fueron realizadas en las mismas calles.*

## **Lámina 9 Proyecto Modelo sobre el “Establecimiento de un Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya”**

El Proyecto Modelo para el **Establecimiento de un Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya** fue ejecutado en Mahahual, municipio de Othón P. Blanco, con el propósito de introducir la cultura de minimización de residuos.

### **Comité para el Manejo de los Residuos Sólidos**



*Se creó un comité para el Manejo de los Residuos Sólidos en Mahahual; el mismo fue reconocido oficialmente por el Municipio de Othón P. Blanco.*

### **Limpieza de Playas**



### **Reciclaje**



*Se instalaron diversos centros de acopio para realizar la recolección separada. Las botellas y latas acopiadas fueron nuevamente clasificadas y almacenadas temporalmente, y con posterioridad fueron vendidas a comerciantes.*

## Lámina 10 Proyecto Modelo sobre “Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje”

El Proyecto Modelo para **Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje** fue realizado en el Área de Estudio con el fin de proveer de un programa de educación ambiental que pueda hacer que los niños se familiaricen sobre la importancia de la conservación de recursos y que se realice el reciclaje a través de una coordinación armoniosa entre las diferentes instituciones.

### Talleres



Primero, se realizó un taller que tenía como grupo meta la Contraparte Mexicana, en el mismo se estableció un método para la educación ambiental por medio de discusiones y ensayos experimentales. Segundo, la Contraparte realizó diversos talleres en el que se invitaron a profesores para reproducir el método educativo.

### Educación Ambiental en las Escuelas



Una vez que regresaron a sus respectivas escuelas, los profesores que habían participado, con anterioridad, en talleres impartieron clases relacionadas a la conservación ambiental y el reciclaje.

### Reciclaje



Los niños, en la práctica, participaron en una actividad de reciclaje de papel y visitaron una compañía para el reciclaje de dicho material.

## Contenido

Compendio del Plan Maestro

Mapa

Map del Área de Estudio

Lámina

Lámina 1 Características del Área de Estudio

Lámina 2 Reuniones y Seminarios

Lámina 3 Proyecto Modelo sobre “Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbano”

Lámina 4 Proyecto Modelo “Tratamiento de Aguas Residuales tipo Villa”

Lámina 5 Proyecto Modelo para el “Establecimiento de un Sistema de Información para el Manejo Integral de Residuos Sólidos” y la “Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco”

Lámina 6 Proyecto Modelo para el “Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final en Othón P. Blanco”

Lámina 7 Proyecto Modelo sobre el “Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final en Othón P. Blanco”

Lámina 8 Proyecto Modelo sobre el “Mejoramiento del Servicio de Recolección en Othón P. Blanco” y “Mejoramiento del Servicio de Recolección en Felipe C. Puerto”

Lámina 9 Proyecto Modelo sobre el “Establecimiento de un Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya”

Lámina 10 Proyecto Modelo sobre “Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje”

Página :

<b>1</b>	<b>Perfil del Estudio.....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes del Estudio .....	1
1.2	Objetivos del Estudio .....	1
1.3	Área de Estudio .....	2
1.4	Programa del Estudio .....	2
1.5	Organización para la Ejecución del Estudio.....	2
1.5.1	Organización del Estudio.....	2
1.5.2	Equipo de Estudio.....	3
1.5.3	Comité Supervisor .....	3
1.5.4	Equipo de Contraparte.....	3
1.5.5	Comité Directivo .....	5
1.6	Informes.....	6
1.7	Transferencia Tecnológica .....	6
<b>2</b>	<b>Situación Actual del Saneamiento Ambiental .....</b>	<b>7</b>
2.1	Perfil del Área de Estudio.....	7
2.1.1	Condiciones Naturales.....	7
2.1.2	Población .....	9
2.1.3	Economía Regional .....	9
2.1.4	Uso de suelo .....	10
2.2	Información Clave sobre el Estado Actual del Saneamiento Ambiental.....	13

2.2.1	Manejo de Aguas Residuales.....	13
2.2.2	Manejo de Residuos Sólidos.....	15
2.2.3	Manejo de Aguas Subterráneas .....	16
2.3	Evaluación de la Situación Actual y Confirmación de Aspectos Importantes ....	17
2.3.1	Manejo de Aguas Residuales.....	17
2.3.2	Manejo de Residuos Sólidos.....	20
2.3.3	Manejo de Aguas Subterráneas .....	23
<b>3</b>	<b>Formulación del Plan Maestro .....</b>	<b>24</b>
3.1	Marco de Planeación .....	24
3.1.1	Desarrollo Futuro.....	24
3.1.2	Población Futura.....	24
3.1.3	Cantidad y Calidad Proyectada de las Aguas Residuales.....	25
3.1.4	Cantidad y Composición Proyectada de Residuos .....	26
3.2	Amenazas a Futuro.....	28
3.3	Selección de un Sistema Técnico Optimo .....	31
3.3.1	Consideración del Objetivo Principal.....	31
3.3.2	Selección de un Sistema Técnico Optimo para el Manejo de Aguas Residuales.....	32
3.3.3	Selección de un Sistema Técnico Optimo para el Manejo de Aguas Residuales.....	32
3.4	Plan Maestro.....	34
3.4.1	Conceptos Básicos.....	34
3.4.2	Plan Maestro de Aguas Residuales.....	36
3.4.3	Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos.....	49
3.4.4	Evaluación del Plan Maestro .....	70
3.5	Recomendaciones Relacionadas al Manejo de Aguas Subterráneas .....	75
3.5.1	Evaluación de Riesgos y Establecimiento de Metas.....	75
3.5.2	Estrategias.....	75
3.5.3	Medidas de Mejoramiento .....	76
<b>4</b>	<b>Proyectos Modelos .....</b>	<b>78</b>
4.1	Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbano.....	79
4.1.1	Generalidades .....	79
4.1.2	Conclusión.....	79
4.1.3	Recomendaciones .....	81
4.2	Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa.....	82
4.2.1	Generalidades .....	82
4.2.2	Resultados.....	83
4.2.3	Conclusiones y Recomendaciones.....	83
4.3	Establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos .....	84
4.3.1	Generalidades .....	84
4.3.2	Resultados.....	84
4.3.3	Conclusiones y Recomendaciones.....	85
4.4	Formación de la Capacidad de una Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco.....	86
4.4.1	Generalidades .....	86
4.4.2	Resultados.....	87
4.4.3	Conclusiones y Recomendaciones.....	87

4.5	Mejoramiento del Sitio de Disposición Final en el Municipio de Othón P Blanco	88
4.5.1	Generalidades	88
4.5.2	Resultados	89
4.5.3	Conclusiones y Recomendaciones	89
4.6	Mejoramiento del Servicio de Recolección en Othón P. Blanco	90
4.6.1	Generalidades	90
4.6.2	Resultados	91
4.6.3	Conclusiones y recomendaciones	92
4.7	Mejoramiento del Servicio de Recolección en Felipe Carrillo Puerto	93
4.7.1	Generalidades	93
4.7.2	Resultados	94
4.7.3	Conclusiones y recomendaciones	95
4.8	Establecimiento de un Nuevo Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya	96
4.8.1	Generalidades	96
4.8.2	Resultados	96
4.8.3	Conclusiones y Recomendaciones	97
4.9	Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje	98
4.9.1	Generalidades	98
4.9.2	Resultados	99
4.9.3	Conclusiones y Recomendaciones	99
<b>5</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>101</b>
5.1	Conclusiones	101
5.1.1	Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero	101
5.1.2	Preservación del Agua Subterránea	102
5.1.3	Plan Maestro	104
5.1.4	Proyectos Modelos	105
5.2	Recomendaciones	108
5.2.1	Recomendaciones para la Implementación del Plan Maestro	108
5.2.2	Recomendaciones para la Preservación del Agua Subterránea	109
5.2.3	Recomendaciones para la Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero	110

## Listado de Cuadros

	Página:
Cuadro 1: Temperatura Promedio en el Área de Estudio .....	7
Cuadro 2: Valores Mayores de Precipitación para el Estado y Nacional (1941-2001).....	7
Cuadro 3: Población en el Área de Estudio .....	9
Cuadro 4: Número de Visitantes Turistas que Llegan a Quintana Roo .....	9
Cuadro 5: Producto Regional Bruto (PRB) del Estado de Quintana Roo .....	10
Cuadro 6: Áreas Naturales Protegidas bajo control Federal dentro del Área de Estudio .....	11
Cuadro 7: Áreas Naturales Protegidas bajo Control Estatal .....	12
Cuadro 8: Perfil del Sistema de Alcantarillado.....	13
Cuadro 9: Cobertura del Servicio de Alcantarillado para el año 2000.....	14
Cuadro 10: Situación Actual sobre el Manejo de los Residuos Sólidos .....	15
Cuadro 11: Cantidad de Pozos Registrados .....	16
Cuadro 12: Evaluación y Problemas Importantes en el Manejo de Aguas Residuales.....	17
Cuadro 13: Evaluación y Problemas Importantes en el Manejo de Residuos Sólidos.....	20
Cuadro 14: Evaluación y Problemas Importantes en el Manejo de Aguas Subterráneas.....	23
Cuadro 15: Proyección de la Población .....	24
Cuadro 16: Número de Turistas (Proyección) .....	24
Cuadro 17: Resumen de la Cantidad Generada de Aguas Residuales .....	25
Cuadro 18: Tasa de Carga Contaminante .....	25
Cuadro 19: Tasa de Generación de Residuos Domésticos.....	26
Cuadro 20: Composición de los Residuos .....	26
Cuadro 21: Cantidad de Residuos Generados en el Futuro.....	27
Cuadro 22: Cantidad de DBO Descargada al Medio Ambiente .....	29
Cuadro 23: Concentración de DBO estimada en las Aguas Subterráneas .....	29
Cuadro 24: Estándar Ambiental de los Cuerpos Públicos de Agua (Ríos) en Japón .....	30
Cuadro 25: Definición de los Usos del Agua en los Estándares Ambientales de los Cuerpos de Agua Públicos (Ríos) en Japón.....	30
Cuadro 26: Limite Máximo (cifra objetivo) de descarga de DBO para el 2015 .....	32
Cuadro 27: Nivel de Tratamiento Seleccionado .....	32
Cuadro 28: Método Tratamiento Seleccionado para las Aguas Residuales.....	32
Cuadro 29: Sistema Técnico Seleccionado para el MRS.....	33
Cuadro 30: Cifras Meta para el Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales.....	36
Cuadro 31: Nivel de Tratamiento Meta según el Tamaño de la Población.....	37
Cuadro 32: Método de Tratamiento Propuesto .....	37
Cuadro 33: Cantidad Requerida de Disposición de Lodos Excedentes .....	37
Cuadro 34: Costos Globales del Plan Maestro.....	38
Cuadro 35: Costo del Plan Maestro en Othón P. Blanco .....	39
Cuadro 36: Costos del Plan Maestro en Felipe C Puerto .....	40
Cuadro 37: Costos del Plan Maestro en Solidaridad.....	41
Cuadro 38: Ingresos por Fuente y Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales por Municipio.....	42
Cuadro 39: Balance Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales.....	43
Cuadro 40: Índices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales.....	44
Cuadro 41: Othón P Blanco: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales.....	45
Cuadro 42: Felipe C Puerto: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales .....	45
Cuadro 43: Solidaridad: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales.....	45
Cuadro 44: Área de Estudio: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales.....	46
Cuadro 45: Costo Unitario de Inversión para Eliminar DBO (2004 al 2015).....	47
Cuadro 46: Tasa de Cumplimiento en Toda el Área de Estudio.....	47
Cuadro 47: Tasa de Cumplimiento en Othón P. Blanco .....	47
Cuadro 48: Tasa de Cumplimiento en Felipe Carrillo Puerto .....	48
Cuadro 49: Tasa de Cumplimiento en Solidaridad .....	48
Cuadro 50: Valores Meta del Plan Maestro para el MRS (por Municipios).....	49

Cuadro 51: Grupos Urbanos .....	50
Cuadro 52: Las Cifras Meta del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos por Grupo Urbano .....	50
Cuadro 53: Tasa de Minimización de Residuos para el Plan Maestro de MRS.....	51
Cuadro 54: Las Estrategias y Medidas Propuestas .....	55
Cuadro 55: Compartimiento de Responsabilidades para las Medidas Propuestas.....	56
Cuadro 56: Costo Total del Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio).....	59
Cuadro 57: Costo del Plan Maestro MRS (Othón P Blanco).....	59
Cuadro 58: Costo del Plan Maestro (Felipe C Puerto).....	60
Cuadro 59: Costo del Plan Maestro (Solidaridad) .....	60
Cuadro 60: El Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio) .....	63
Cuadro 61: El Plan Maestro de MRS (Othón P Blanco).....	64
Cuadro 62: El Plan Maestro de MRS (Felipe C Puerto) .....	65
Cuadro 63: El Plan Maestro de MRS (Solidaridad).....	66
Cuadro 64: Plan de Implementación (Fase 1: 2004-2007).....	67
Cuadro 65: Plan de Implementación (Fase 2: 2008-2011).....	68
Cuadro 66: Plan de Implementación (Fase 3: 2012-2015).....	69
Cuadro 67: Costo Incremental del P/M.....	71
Cuadro 68: VPN, Relación B/C, y TIR del Plan Maestro (tasa de disminución: 1.0% por año con respecto a las tasas proyectadas) .....	72
Cuadro 69: Resultados del Análisis de Sensibilidad.....	73
Cuadro 70: Resumen de la Evaluación Económica del Plan Maestro .....	73
Cuadro 71: Propuesta de Medidas de Mejoramiento Respecto al Manejo de Aguas Subterráneas .....	76

## **Listado de Figuras**

Página:

Figura 1: Organigrama del Estudio.....	2
Figura 2: Esquema de una Sección Transversal Hidrogeológica para la parte Norte de la Península de Yucatán .....	8
Figura 3: Ubicación del área de los POET y cobertura de PEOT .....	11
Figura 4: Desarrollo Sustentable y Aguas Subterráneas .....	28
Figura 5: Cifra Meta del Plan Maestro.....	35
Figura 6: Mapa de Ubicación de los Proyectos Modelos.....	78

## Abreviaturas

AC	Asociación Civil
AMSLM	Promedio de Metros Sobre el Nivel del Mar (Average Mean Sea Level Meters)
APAS	Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
B/C	Beneficio-Costo
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BI/F	Borrador del Informe Final
C/P	Contraparte
CAPA	Comisión de Agua Potable y Alcantarillado
CECADESU	Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
CELAC	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CNA	Comisión Nacional del Agua
CNANP	Comisión Nacional de Aguas Naturales Protegidas
COESPO	Consejo Estatal de Población
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COSEPRE	Costo de los Servicios Prestados
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
E/F	Estudio de Factibilidad
EC	Conductividad Eléctrica
ECOSE	Ecología y Compromiso Empresarial
ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur
EIA	Evaluación Inicial del Ambiental
EM	Electro Magnético
FCP	Felipe Carrillo Puerto
FIDECARIBE	Fideicomiso para el Caribe
FONATUR	Fondo Nacional para el Turismo
GIS	Sistema de Información Geográfica
I/A	Informe de Avance
I/F	Informe Final
I/I	Informe Inicial
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IIRA	Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental
IMSS	Instituto Mexicano de Seguro Social
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología de Agua
INB	Ingreso Nacional Bruto
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INI	Instituto Nacional Indigenista
ISSSTE	Instituto de Seguro Social al Servicio de los Trabajadores del Estado
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Japan International Cooperation Agency)
LEEPA	Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Manejo Integral de los Residuos
M/R	Minutas de Reuniones
MAR	Manejo de Aguas Residuales
MAS	Manejo de Aguas Subterráneas
MLSS	Licor Mezclado de Sólidos Volátiles en Suspensión (Mixed-Liquor Volatile Suspended Solids)
MPNISP	Modelo de Prácticas Nacionales e Internacionales de Servicio Público
MRS	Manejo de Residuos Sólidos
ND	Información No Disponible
NPV	Valor Presente Neto

O&M	Operación y Mantenimiento
OCD	Demanda Química de Oxígeno (Chemical Oxygen Demand)
OD	Demanda de Oxígeno
OMSP	Oficina Municipal de Servicios Públicos
ONG	Organización No Gubernamental
OPB	Othón Pompeyo Blanco
P/M	Plan Maestro
PDSD	Desarrollo por Etapas del Sitio de Disposición Final (Phased Disposal Site Development)
PEA	Población Económicamente Activa
PEDI	Plan Estratégico de Desarrollo Integral
PEDU	Programa Estatal de Desarrollo Urbano
PEMEX	Petroleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PMDU	Programas Municipales de Desarrollo Urbano
PNB	Producto Nacional Bruto
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNDU	Programa Nacional de Desarrollo Urbano
Po/Mo	Proyectos Modelo
POET	Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial
PROFEPA	Procuraduría Federal para la Protección al Ambiente
PTAR/PTAN	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
R/I	Reporte Inicial
RS	Residuos Sólidos
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
SEANAP	Sistema Estatal de Areas Naturales Protegidas
SECTUR	Secretaría de Turismo
SEDEMAR	Secretaría de Marina
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDUE	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
SEDUMA	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Gobierno del Estado de Quintana Roo
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEPLADER	Secretaría de Planeación y Desarrollo
SESA	Secretaría Estatal de Salud
SIGIR	Sistema de Información para el Manejo Integral de los Residuos
SOL	Solidaridad
SS	Sólidos Suspendidos
SVI	Índice de Volumen de Lodos (Sludge Volume Index)
TDEM	Método Electromagnético de Tiempo-Dominio
TDS	Sólidos Totales Disueltos
TEM	Método de Transferencia Electromagnética
TIRE	Tasa Interna de Retorno Económica
TS	Total de Sólidos
TSS	Total de Sólidos Suspendidos
UNEP	Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USAID	Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos
USMN	Unidad para el Servicio Meteorológico Nacional
VES	Sondeo Eléctrico Vertical (Vertical Electric Sounding)
VSS	Sólidos Volátiles Suspendidos (Volatile Suspended Solid)

# **1 Perfil del Estudio**

## **1.1 Antecedentes del Estudio**

El Estado de Quintana Roo en México tiene una superficie de alrededor de 50,800 km<sup>2</sup>, y una población de 870,000 habitantes, de los cuales 400,000 vivían en Cancún en el año 2000. En el Estado de Quintana Roo, la costa se extiende por aproximadamente 500 Km., siendo una área rica en ambiente natural, habitada por grupos étnicos que han sabido aprovechar la abundancia de los recursos naturales. Las ruinas históricas son también abundantes, dando oportunidad al desarrollo del turismo que es fomentado a nivel nacional como fuente de divisas.

Sin embargo, el desarrollo turístico sin suficientes consideraciones ambientales, junto con el crecimiento explosivo de la población, ha puesto de manifiesto las dificultades que enfrentan muchas ciudades y centros poblados en establecer y mantener su infraestructura de aguas residuales y residuos sólidos. El resultado ha sido el deterioro del ambiente natural del área en años recientes. Los diferentes niveles del gobierno de México han hecho frente a la situación con medidas legislativas y administrativas. Sin embargo, se observan resultados lentos e insuficientes que se reflejan en los efectos adversos en el ambiente costero y en las condiciones sanitarias de los residentes.

En Marzo de 2001, JICA envió un Equipo de Estudio Japonés-Americano para Formulación de Proyectos, que puso en claro la alta prioridad de la ayuda necesaria para la preservación ambiental de la citada zona costera. En Julio 2002, JICA llevó a cabo un estudio preliminar, y confirmó la urgencia de la ayuda para aguas residuales y residuos sólidos, que tienen efectos adversos sobre el ambiente costero. Luego, en Octubre 2002, JICA envió una Misión Preparatoria, la cual suscribió el Alcance de Trabajo para el Estudio, y seleccionó a Kokusai Kogyo Co., Ltd. como la firma consultora que ejecutará el Estudio.

## **1.2 Objetivos del Estudio**

- 1) Preparación del Plan Maestro de Manejo de Saneamiento Ambiental, que integró el manejo de aguas residuales y residuos sólidos, con el objetivo de preservar el ambiente acuático en la costa del Estado de Quintana Roo, estableciendo el 2015 como año meta;
- 2) Llevar a cabo un estudio de factibilidad de proyectos modelo de saneamiento identificados en el plan maestro; y
- 3) Facilitar la transferencia de tecnología al personal de la contraparte (C/P) mexicana durante el desarrollo del Estudio.

### 1.3 Área de Estudio

El Área de Estudio estaba conformada por tres Municipios (Othón P. Blanco, Felipe C. Puerto, Solidaridad) en la costa del Estado de Quintana Roo (Ver “Mapa del Área de Estudio”).

### 1.4 Programa del Estudio

El Estudio inició en Marzo de 2003 basándose en los alcances de los Trabajos acordados entre el gobierno de México y el gobierno de Japón. Todos los trabajos en México finalizaron en agosto del 2004.

El período del Estudio se dividió en las siguientes cuatro fases.

- Fase I: Estudio Básico (Investigación de la situación actual), Marzo – Julio de 2003
- Fase II: Formulación del Plan Maestro de Manejo de Saneamiento Ambiental, Agosto- Octubre de 2003
- Fase III: Implementación de los Proyectos Modelo, Noviembre de 2003 – Mayo de 2004
- Fase IV: Evaluación de los Proyectos Modelo, Junio- Agosto de 2004

### 1.5 Organización para la Ejecución del Estudio

El Estudio fue realizado en forma conjunta por el Equipo de Estudio y el Equipo de Contrapartes de México, contando con la asesoría del Comité Directivo, integrado por representantes de organizaciones relacionadas de México, y del Comité Supervisor establecido por JICA en el Japón.

#### 1.5.1 Organización del Estudio

El Estudio se organizó de la siguiente manera.

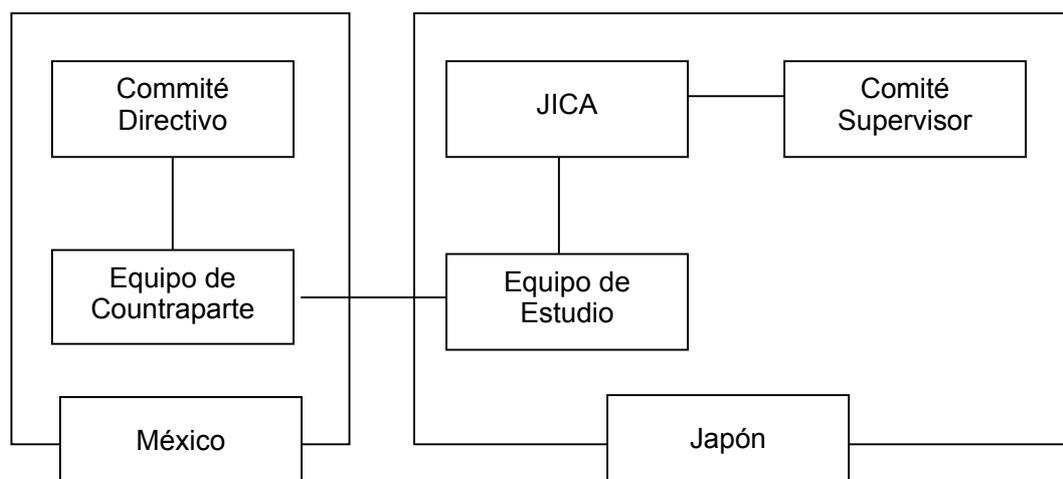


Figura 1: Organigrama del Estudio

### 1.5.2 Equipo de Estudio

El Equipo de Estudio estuvo integrado por 15 miembros.

Área de Responsabilidad	Nombre
Líder/Manejo de Saneamiento Ambiental/ Plan de Manejo de Aguas Residuales (1)	Hiroshi Kato
Plan de Manejo de Aguas Residuales (2)/ Hidrogeología/ Estudio de Agua Subterránea/ Exploración Electromagnética	Akira Kamata
Planeamiento y Diseño de Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales	Osamu Nahata
Sub-Líder/ Plan de Manejo de Residuos Sólidos	Ikuo Mori
Planeamiento y Diseño de Instalaciones de Manejo de Residuos Sólidos	Ximena Alegría
Organización/ Estructura Legal/ Estudios Sociales	Víctor Ojeda
Análisis Económico y Financiero	Masaru Obara
Evaluación Ambiental Inicial	Shinya Kawada
Planeamiento Regional	Toshiro Hamada
Participación Comunitaria/Educación Ambiental	Masaharu Kina
Proyectos Modelo	Ichiro Kono
Procesamiento de información de pozos	Mario Valle
Análisis del Balance Hídrico	Peifeng Lei
Coordinador Administrativo (1)	Hiroyuki Nakai
Coordinadora Administrativa (2)	Ikuko Kunitsuka

### 1.5.3 Comité Supervisor

Con el fin de proveer la asesoría necesaria al Equipo de Estudio, JICA ha establecido un Comité Supervisor con los siguientes integrantes.

Responsabilidad	Nombre	Agencia
Presidente del Comité	Kenichi Tanaka	Instituto de Cooperación Internacional, JICA
Miembro del Comité	Takeshi Yahashi	Centro de Educación del Japón sobre Saneamiento Ambiental

### 1.5.4 Equipo de Contraparte

La Contraparte que trabajó en conjunto con el Equipo de Estudio se indica en el siguiente cuadro.

Nombre	Institución	Cargo
<b>1. Manejo de Saneamiento Ambiental</b>		
Lic. Francisco Hernández Franco	SEMARNAT-QR	Subdelegado de Planeación
Lic. Gustavo Hidalgo Sánchez	SEMARNAT-QR	Responsable del Departamento de Planeación y Asuntos Internacionales
Ing. Gustavo Olivares Alanis	SEMARNAT-QR	Jefe de la Unidad de Planeación y Política Ambiental
<b>2. Hidrogeología</b>		
Ing. Iván Gamboa Rosas	Oficina Regional de la CNA	Jefe de Proyecto
Ing. Carlos Fernando Chable Mendicuti	Oficina Regional de la CNA	Encargado del Área Técnica
Ing. Catherine Magnum Burnier	Oficina Regional de la CNA	Encargada del Programa de Consejo de Cuenca
Ing. José Luis Acosta Rodríguez	Oficina Regional de la CNA	Subgerente Técnico Regional
Ing. Anselmo Ordaz Ayala	CNA-México	Especialista en Hidráulica
Ing. Eliseo Vázquez	CNA-México	Especialista en Hidráulica
Tte. Roberto Flores Rodríguez	SEDEMAR	Jefe del Departamento de Coordinación de Programas contra la Contaminación

Nombre	Institución	Cargo
		del Mar
<b>3. Análisis Electromagnético</b>		
Ing. Guillermo Cuevas Landeros	CNA-Gerencia Regional	Especialista en Hidráulica
Ing. Artemio Araujo Mendieta	CNA-México	Especialista en Hidráulica
<b>4. Planeación del Sistema de Alcantarillado</b>		
Ing. Juventino Castillo Pinzón	CAPA	Coordinador de Planeación y Desarrollo
Ing. Jaime Quiñones Baas	CAPA	Director de Proyectos
<b>5. Tratamiento de Aguas Residuales</b>		
Ing. Roberto Chim Iterián	CAPA	Director de Operación
M.C. Miguel Angel García Salgado	CONANP	Coordinador de Monitoreo de la XI Región de la CONANP
<b>6. Manejo de Residuos Sólidos</b>		
Biól. Adolfin Bertha Villalobos	SEMARNAT-QR	Jefe del Departamento de Impacto y Riesgo Ambiental
Ing. Carlos Acosta Loría	SEDUMA	Director de Prevención y Control de la Contaminación
José Guerrero	SEDUMA	Co-responsable del Programa de Residuos Sólidos
Ing. Mónica Chargoy Rosas	Municipio de OPB	Especialista en Manejo de Residuos Sólidos
José Méndez García	Municipio de OPB	Jefe del Departamento de Recolección
Ing. Eduardo Escalante Rodríguez	Municipio de FCP	Director de Obras Públicas
Manuel Góngora Reyes	Municipio de FCP	Auxiliar
Biól. Juan Antonio Huerta Illescas	Municipio de Solidaridad	Director de Medio Ambiente
<b>7. Instalaciones para el Manejo de Residuos Sólidos</b>		
Ing. Carlos Acosta Loría	SEDUMA	Director de Prevención y Control de la Contaminación
MVZ. Rodrigo Camín Cardín	Municipio de OPB	Especialista en Manejo de Residuos Sólidos
José Tut Uan	Municipio OPB	Director de Imagen Urbana
Ing. Eduardo Escalante Rodríguez	Municipio de FCP	Director de Obras Públicas
Biól. Juan Antonio Huerta Illescas	Municipio de Solidaridad	Director de Medio Ambiente
<b>8. Sistema Legal, Institucional y Organizativo</b>		
Lic. Rosa Elena Carbajal Valiente	SEMARNAT-QR	Jefe de la Unidad Jurídica
<b>9. Análisis Económico y Financiero</b>		
Ing. Gilberto Mena Rivero	CAPA	Director de Evaluación de Proyectos
Arq. Héctor Morín Lázaro	Municipio de OPB	Director de Desarrollo Urbano y Ecología.
<b>10. Evaluación Ambiental</b>		
Biól. Carlos Llorens Cruset	SEMARNAT-QR	Subdelegado de Gestión para la Protección Ambiental
Lic. Adrián Neftalí Pérez Zaldivar	Municipio de Solidaridad	Subdirector de normatividad ambiental
Ing Giovanni Contreras Rivero	SEDUMA	Director de Gestión para la Protección Ambiental
Biól. Tomás Sánchez Cabrera	Municipio de OPB	Jefe del Departamento de Ecología
<b>11. Planeación del Desarrollo Regional y Estudio Social</b>		
Ing. Gustavo Olivares Alanis	SEMARNAT-QR	Jefe de la Unidad de Planeación y Política Ambiental
Biól. Cedrela Median Gasca	SEDUMA	Directora de Planeación y Política Ambiental
Ing. Juventino Carrillo Pinzón	CAPA	Coordinador de Planeación y Desarrollo
Arq. Roger Alvarado Rivero	Municipio de OPB	Departamento de Desarrollo Urbano
<b>12. Participación Comunitaria y Educación Ambiental</b>		
Biól. Teresa Jiménez Almaraz	SEMARNAT-QR	Jefe del Departamento de Educación Ambiental
M.C. Bárbara Reveles González	CONANP	Subdirectora de la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, Parque

Nombre	Institución	Cargo
		Nacional Arrecifes de X'Calak
Ing. Jorge Jiménez Alvarado	CAPA	Coordinador de la Unidad de Participación y Comunicación Social
Ing. Miguel Acopa	CAPA	Jefe de Departamento de Participación Social
Lic. Salim Chamlati	CAPA	Analista Profesional
Biól. Manuel Hernández	SEDUMA	Subsecretario Técnico de la Subsecretaría de Medio Ambiente
Ing. José Gabriel McLiberty Pacheco	SEDUMA	Director de ANP Santuario del Manatí
Ing. Abigail Hernández Santiago	SEDUMA	Responsable del Programa de Educación Ambiental
Álvaro Gorocica Polanco	SEDUMA	Asistente del Programa de Educación Ambiental
Biól. Gonzalo Vidaña Espejo	Municipio de OPB	Director de Ecología
Biól. Lilibeth Arjona Pérez	Municipio de OPB	Jefe de Oficina de Proyectos y Vinculación Ambiental
Ing. Eduardo Escalante Rodríguez	Municipio de FCP	Director de Obras Públicas
Biól. Juan Antonio Huerta Illescas	Municipio de Solidaridad	Director de Medio Ambiente

### 1.5.5 Comité Directivo

Los miembros del Comité directivo que tomaron decisiones importantes se mencionan a continuación.

Nombre	Institución	Cargo
Ing. José de Jesús Infante de Alba	SEMARNAT	Delegado de Quintana Roo
Lic. Francisco Hernández Franco	SEMARNAT	
Ing. Jorge Mariano Morales Calzada	SEDUMA	Secretario
Ing. Juan Manuel Herrera	Comisión de Ecología, Bosques y Pesca	Presidente
Ministro Gerardo Lozano	Secretaría de Relaciones Exteriores	Director de Cooperación Técnica
Ing. Francisco Aranguré Monroy	CNA	Delegado de Quintana Roo
Biól. Alfredo Arellano Guillermo	CONANP	Coordinador
Ing. Andrés Ruiz Morcillo	CAPA	Director General
Lic. Eduardo Espinosa Abuxapqui	Municipio de Othón P Blanco	Presidente Municipal
Prof. Francisco Novelo Ordoñez	Municipio de Felipe Carrillo Puerto	Presidente Municipal
C.P. Gabriel Mendicuti Díaz	Municipio de Solidaridad	Presidente Municipal
Ar. Baltasar Linares Díaz	BANOBRAS	Delegado de Quintana Roo
Ing. María Antonia Hernández Rivas	FONATUR	Coordinador

## 1.6 Informes

Los siguientes informes fueron preparados y entregados a la contraparte mexicana, con las respectivas explicaciones y discusiones.

Informe		Idioma
Informe Inicial		Inglés, Español
Informe de Avances ( 1 )		Inglés, Español
Informe Intermedio		Inglés, Español
Informe de Avances ( 2 )		Inglés, Español
Borrador del Informe Final	Resumen	Inglés, Español, Japonés
	Informe Principal	Inglés, Español
	Informe de Apoyo	Inglés, Español
Informe Final	Resumen	Inglés, Español, Japonés
	Informe Principal	Inglés, Español
	Informe de Apoyo	Inglés, Español

## 1.7 Transferencia Tecnológica

La transferencia tecnológica se realizó de la siguiente manera durante el período de Estudio.

Transferencia Tecnológica	Grupo Meta	Contenido	Frecuencia
Capacitación en servicio	Contrapartes	Metodología de estudio; análisis y evaluación de los resultados de estudio; identificación de problemas; contramedidas; formulación e implementación de proyectos; formulación, ejecución y evaluación de proyectos modelo, etc.	De acuerdo a la necesidad durante el período de estudio
Discusiones Técnicas	Contrapartes	Política y programación del estudio, avance y resultados; método de formulación de planes; forma de pensar para preparar planes alternativos; método de selección del plan más apropiado; método de evaluación de proyectos; presentación sobre manejo de aguas residuales y residuos sólidos en el Japón y otros países, etc.	Bisemanal
Explicación de Informes	Contrapartes y Miembros del Comité Directivo	Política y resultados en cada etapa del Estudio; problemas y contramedidas, etc.	Cinco veces: I/IN, I/A(1), I/It, I/A(2), BI/F
Seminario sobre Transferencia Tecnológica	Contrapartes, Miembros del Comité Directivo, ONGs, Organizaciones Internacionales, etc.	Conocimientos y recomendaciones resultantes del Estudio	Tres veces, en forma coincidente con la explicación del Borrador del Informe Final
Capacitación de Contraparte	Contraparte	Visita a instalaciones relacionadas con el manejo de saneamiento ambiental en el Japón, con el fin de ampliar conocimientos relacionados a los métodos de manejo y los posibles problemas	Dos veces

## 2 Situación Actual del Saneamiento Ambiental

### 2.1 Perfil del Área de Estudio

#### 2.1.1 Condiciones Naturales

##### a. Ubicación y Clima

El Estado de Quintana Roo, se encuentra ubicado en la parte sureste de la Federación, entre las siguientes coordenadas: 21°37' y 17°53' de latitud norte, y 86°42' y 89°20' de longitud oeste. Quintana Roo tiene límites al norte con el Estado de Yucatán y el Golfo de México; al sur con la Bahía de Chetumal y Belice; y al Este con el Mar Caribe y al Oeste con los estados de Campeche y Yucatán.<sup>1</sup>

De acuerdo con INEGI, el clima del Área de Estudio se puede clasificar en cálido subhúmedo y/o cálido húmedo. La temperatura promedio es 25.5 C°.

Cuadro 1: Temperatura Promedio en el Área de Estudio

Unidad: °C

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Solidaridad	22.3	22.5	24.1	25.4	26.5	27.0	26.7	26.6	26.5	25.2	23.9	22.5	24.9
FCP	23.4	24.1	25.3	26.8	27.6	27.8	27.6	27.5	27.4	26.3	24.8	23.8	26.0
OPB	22.7	23.4	25.1	26.7	27.8	27.7	27.4	27.6	27.4	26.4	24.7	23.3	25.8
Benito Juárez	23	23	25	26	27.6	27.9	28.1	28.1	27.6	26.3	25	23	25.9
Lázaro Cárdenas	22	22	24	25	26.6	26.9	26.9	26.8	26.6	25.5	24	22	24.9
José Ma. Morelos	23	23	26	27	28.5	28.3	27.8	27.8	27.4	26.4	25	24	26.1
Promedio Estatal	22.6	23.1	24.5	26.1	27.2	27.5	27.4	27.4	27.1	25.9	24.4	23.1	25.5

Fuente: elaborado por el E/E con datos de CNA

La temporada lluviosa dura entre 6 y 7 meses (desde mayo hasta octubre/noviembre) y la temporada seca se puede considerar que dura entre 6 y 5 meses (de noviembre/diciembre hasta abril). La precipitación promedio en Quintana Roo es casi 500 mm más alta que el promedio nacional (772 mm).

Cuadro 2: Valores Mayores de Precipitación para el Estado y Nacional (1941-2001)

Unidad: mm

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Quintana Roo	66	38	31	34	100	175	121	140	209	165	95	82	1 256
Nacional	26	18	15	19	40	103	138	137	141	74	32	29	772

Fuente: Estadísticas del Agua en México, Edición 2003, SEMARNAT/CNA

<sup>1</sup> Marco Geoestadístico, INEGI, 2000

## b. Hidrogeología

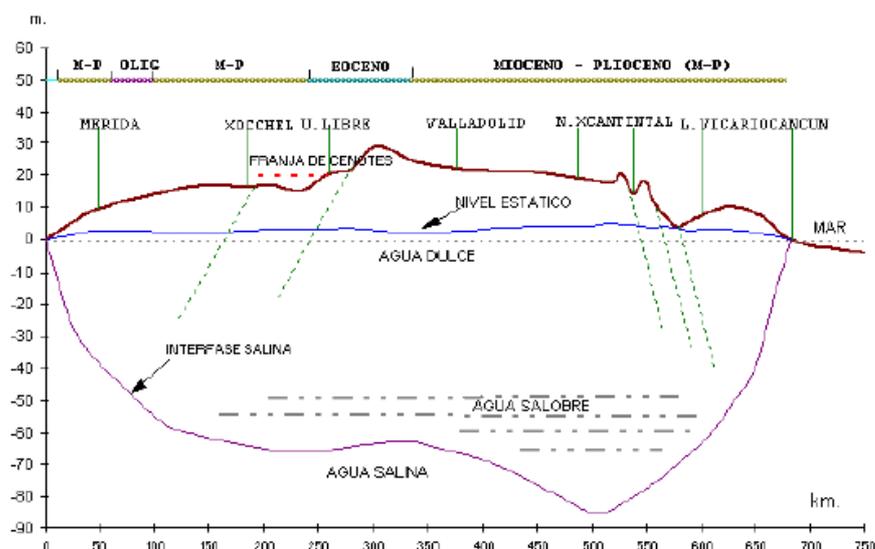
La Península de Yucatán es una unidad geológica compuesta principalmente de calizas que son altamente permeables y solubles. La disolución de las rocas ha creado una topografía cárstica con cenotes.

Las altas precipitaciones que tienen lugar durante la temporada lluviosa se percolan casi directamente hacia el sub-suelo por medio de fracturas y cenotes, posteriormente, ésta fluye por medio de poros y el medio fracturado y, finalmente, es descargada hacia mar.

De acuerdo con los análisis estructurales geológicos, se han identificado al menos dos regiones de acuíferos en el Estado de Quintana Roo. El primero se ubica en la parte sur del estado, mientras que el segundo se ubica principalmente a lo largo de la costa este y la parte norte del estado.

En los acuíferos en mención, el agua subterránea puede dividirse en tres grupos, desde la perspectiva de su salinidad; dichos grupos son agua dulce, agua salina, y agua de mar. El lente de agua dulce es resultado del agua pluvial que se infiltra, éste se ubica sobre la zona de agua salina, la misma que se encuentra sobre el agua de mar. El contenido de sales disueltas en el agua subterránea aumenta con la profundidad y su patrón de concentración de iones finalmente se torna similar al que presenta el agua de mar.

La Figura 2 muestra la sección transversal hidrogeológica para la parte norte de la Península de Yucatán, desde Cancún hasta Mérida.



Fuente: CNA

Figura 2: Esquema de una Sección Transversal Hidrogeológica para la parte Norte de la Península de Yucatán

## 2.1.2 Población

### a. Población

La población del estado de Quintana Roo alcanzaba un total 875,000 personas en el año 2000. Una característica importante de la población de Quintana Roo es su patrón de distribución. La población se encuentra principalmente dispersa en varias pequeñas comunidades rurales. Por lo tanto, se torna vital comprender la distribución de la población con el fin de planificar sistemas de saneamiento apropiados para las diversas comunidades.

Cuadro 3: Población en el Área de Estudio

Municipio	Población en base al tamaño de la comunidad			Total
	Rural (1 – 2,499)	Semi urbana (2,500 – 14,999)	Urbana (15,000 - )	
Othón P. Blanco	63,307	23,225	121,602	208,134
Felipe Carrillo P.	33,657	8,163	18,545	60,365
Solidaridad	13,406	6,733	43,613	63,752
Cantidad de comunidades	1,245	8	3	1,256
Total de la Población	110,370	38,121	183,760	332,251
Porcentaje	33%	12%	55%	100%

Fuente; INEGI, 2000, XII Censo General de Población y Vivienda

### b. Turistas

El Estado de Quintana Roo tiene abundancia en bosques tropicales, lagunas, bahías, así como cultura e historia, lo que atrae turistas de todo el mundo. De acuerdo a la Secretaría de Turismo, el número de turistas visitantes es como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 4: Número de Visitantes Turistas que Llegan a Quintana Roo

Año	1999	2000	2001	2002
Cancun	2,818,326	3,044,682	2,987,841	2,827,406
Cozumel	398,737	421,541	455,620	383,676
Chetumal	157,821	207,582	205,216	204,371
Isla Mujeres	140,534	144,793	141,785	141,548
Riviera Maya	767,541	1,184,249	1,504,052	1,793,864
Total	4,282,959	5,002,847	5,294,514	5,350,865

Fuente: Secretaría Estatal de Turismo; Quintana Roo

## 2.1.3 Economía Regional

El desarrollo turístico del Estado de Quintana Roo durante los últimos 30 años ha tenido el efecto de lograr una gran mejoría en el PIB del Estado, teniendo en consideración que un tercio del ingreso por turismo en México se estima que se genera en Quintana Roo. El PIB en el Estado de Quintana Roo se estimó en 14,847 en precios de 1993 y era de 19,555 millones de pesos en precios del año 2000; esto implica una tasa de crecimiento anual de 4.0% entre los años 1993 y 2000. Esta tasa de crecimiento era ligeramente mayor a la experimentada a nivel nacional durante el mismo período. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el

rendimiento por sector varió, por ejemplo, la tasa de crecimiento fue negativa para el sector agrícola (-6.0%), mientras que fue positiva para el sector industrial (1.8%) y el sector servicios (4.3%). Los mismos datos indican que existió un aumento en la participación del sector servicios y un descenso de la participación de los sectores agrícolas e industriales en el PIB del Estado de Quintana Roo entre los años 1993 y 2000, de la manera como se refleja en el siguiente cuadro.

Cuadro 5: Producto Regional Bruto (PRB) del Estado de Quintana Roo

Sector	PRB 1993 (Millones de Pesos)	PRB 2000 (Millones de Pesos)	Distribución Sectorial 1993 (%)	Distribución Sectorial 2000 (%)	Tasa de Crecimiento 1993-2000( %)
Total PRB	14,847	19,555	100.0	100.0	4.0
Agricultura	275	178	1.8	0.9	-6.0
Industria	1,021	1,160	6.9	5.9	1.8
Servicios	13,551	18,217	91.3	93.2	4.3

Fuente: Anuario Estadístico 2002, Quintana Roo, INEGI

#### 2.1.4 Uso de suelo

Una amplia área del territorio está cubierta de árboles y selva de la cual una gran proporción no es muy utilizada. Solamente una pequeña parte del estado es intensamente utilizada. De acuerdo con datos oficiales del gobierno de Quintana Roo la superficie total del estado es de 50,843Km<sup>2</sup>, de las cuales solamente 9,832 hectáreas (0.2%) son consideradas áreas urbanas (aquellas habitadas con más de 2,500 habitantes).

El uso de suelo era controlado principalmente por entidades a nivel federal (SEMARNAT), a nivel estatal (SEDUMA) y parcialmente por los municipios. Sin embargo, este sistema de control del uso de suelo fue modificado en el año 2000, delegando mucho más poder al gobierno municipal.

##### a. POET

La mayoría de las áreas costeras son controladas por medio de los POET (Programa de Ordenamiento Ecológico), dichos programas detallan el uso del suelo y sus restricciones. La siguiente figura muestra la ubicación de las áreas que son cubiertas por un POET y las áreas cubiertas por PEOT & ANP (Áreas Nacionales Protegidas).

El POET de Bacalar se encuentra en proceso de elaboración en la actualidad. Otros 6 POETs ya se encuentran vigentes. En el área de estudio existen los siguientes tres POETs.

1. Área de Costa Maya (6 oct. 2000)
2. Área de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an (14 de Mayo del 2002)
3. Corredor Cancún –Tulum (16 Nov.2001)

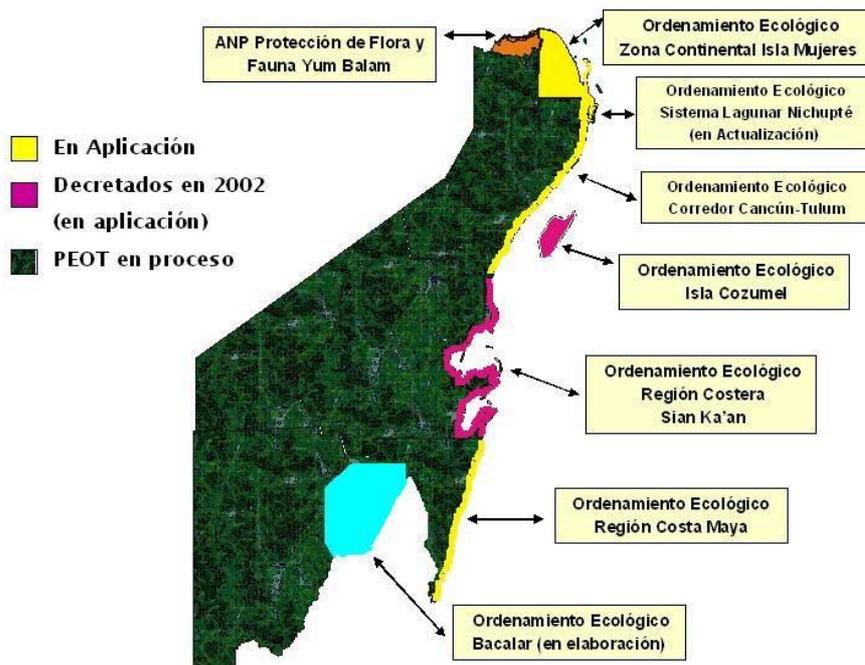


Figura 3: Ubicación del área de los POET y cobertura de PEOT

**b. Áreas Naturales Protegidas**

Además de las áreas antes mencionadas, existen otras 10 áreas naturales protegidas y de conservación controladas por el gobierno federal. De esas 10 áreas; 5 de ellas están dentro del área de estudio.

Cuadro 6: Áreas Naturales Protegidas bajo control Federal dentro del Área de Estudio

	Categoría	Ubicación	Fecha de Decreto	Área (ha)
1	Monumento arqueológico en Tulum (Parque Nacional Tulum)	Solidaridad	15 Dic 1998	691
2	Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an	Felipe Carrillo Puerto, Solidaridad	20 Ene 1986	528,147
3	Reserva de arrecifes coralinos de Sian Ka'an	Felipe Carrillo Puerto, Solidaridad	2 Feb 1998	34,927
4	Área de protección de la flora y la fauna en Uaymil	Felipe Carrillo Puerto, Othón P Blanco	17 Nov 1994	89,118
5	Arrecifes coralinos de la reserva de la biosfera del Banco Chinchorro	Othón P Blanco	19 Jul 1996	144,360
Total				797,243

Fuente: Gobierno del Estado de Quintana Roo

El Estado de Quintana Roo por sí mismo decidió declarar 6 áreas naturales protegidas. Entre las áreas antes mencionadas, las siguientes dos áreas se encuentran dentro del Área de Estudio.

Cuadro 7: Áreas Naturales Protegidas bajo Control Estatal

	Categoría	Ubicación	Fecha de decreto	Área (ha)
1	Zona de Conservación Ecológica, Santuario de la tortuga	Xcabel-Xcabelito Solidaridad	21 Feb 1998	362
2	Zona de Conservación ecológica, Santuario del Manatí	Bahía de Chetumal Othón P Blanco	24 Oct 1996	281,320
Total				281,682

Fuente: Gobierno del Estado de Quintana Roo

## 2.2 Información Clave sobre el Estado Actual del Saneamiento Ambiental

### 2.2.1 Manejo de Aguas Residuales

El Cuadro 8 muestra el perfil del sistema de alcantarillado, mientras que el Cuadro 9 muestra el servicio de cobertura.

Cuadro 8: Perfil del Sistema de Alcantarillado

Aspectos	Estado de Quintana Roo	Othón P. Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
<b>1. Datos básicos</b>				
Área del límite administrativo (km2)	50,843	18,760	13,806	4,419
Población dentro de los límites administrativos	1,233,490	240,971	65,861	111,533
Área proyectada de servicio (km2)	76.02	6.35	0.02	13.24
Producción de agua (1,000 m3/año)	112,737.78	27,659.70	6,223.25	12,406.35
Facturación por suministro de agua (1,000 m3/año)	45,700.42	7,200.32	1,405.47	3,946.38
Población con suministro de agua potable	1,171,816	234,000	57,220	105,600
Valor unitario de producción de agua (lts./día/persona)	263.58	323.8	297.97	321.88
Valor unitario. Cantidad efectiva de agua suministrada (l/día/persona)	106.84	84.3	66.39	102.39
Tasa de generación de aguas residuales. Para planeación (lts./persona/día)	75% de la cantidad suministrada de agua*			
Unidad de carga contaminante de agua residual (grs./persona/día)	54	54	54	54
	SS	52	52	52
<b>2. Población proyectada y actual de Servicio de manejo de aguas residuales</b>				
Sistema de alcantarillado y saneamiento centralizado (fuera de sitio)	372,994	38,851	567	37,091
Actual	370,955	37,044	567	6,655
Sistema In-situ	-	589 (año2002)	0	1,767 (año2002)
Actual	-	0	0	0
Sistema de Letrina	0	0	0	0
Actual	ND	ND	ND	ND
Sin sistema	-	167,338	56,653	5,006
Actual	800,861	169,045	56,653	35,442
<b>3. Sistema de alcantarillado fuera de sitio</b>				
Autoridad responsable	C.A.P.A.			
Construcción	C.A.P.A.			
O & M	ORG. OPER.			
Área de Servicio (km2)	62.38	5.81	0.02	8.23
Población con Servicio	370,955	37,044	567	6,655
Numero de conexiones	90,698	8,799	114	1,770
Tasa de cobertura del servicio (población)	30.07	39.23	2.88	25.59
Longitud de las tuberías	1,088,376	444,528	6,804	79,860
Numero de estaciones de bombeo	-	12	0	3
Flujo de entrada en la PTAR (lps)	1,251.83	20.48	1.34	64.21
Generación per capita de aguas residuales	291.6	47.8	204.2	2,024.927
Plantas de Tratamiento de Aguas Negras (PTAR)				
Numero de PTAR	16	1	1	3
Método de Tratamiento	Lodo activado			
Capacidad de tratamiento (lps)	1,432	137	5	65
Promedio anual del flujo de entrada				
Calidad de las aguas residuales entrantes en mg/lit (Enero a Junio/2003) DBO	-	139	100.8	322.89
DQO (mg/lit)	-	393	249.99	507.27
SS (mg/lit)	-	265	68.33	455
Calidad de las aguas residuales tratadas en mg/lit (Ene. a Jun/2003) DBO		1.90	2.15	11.18
DQO (mg/lit)		39.90	12.64	55.19
SS (mg/lit)		2.00	6.00	19

Fuente : CAPA Julio del 2003, \* Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ver 2.0, 2001, CNA

Cuadro 9: Cobertura del Servicio de Alcantarillado para el año 2000

Municipio	Ciudad	Población	Cobertura del Servicio		
			Abastecimiento de agua	Línea de Alcantarillado	Capacidad de Tratamiento de Aguas Residuales
OTHON P. BLANCO	CHETUMAL	118,553	96%	50%	40%
	BACALAR	9,047	88%	0%	0%
	CALDERITAS	4,617	92%	0%	0%
	INGENIO ALVARO OBREGON	3,331	97%	0%	0%
	NICOLAS BRAVO	3,524	92%	0%	0%
	ALVARO OBREGON	3,019	91%	0%	0%
	SERGIO BUTRON CASAS	2,712	98%	0%	0%
	Total	144,803	95%	41%	33%
FELIPE CARRILLO PUERTO	FELIPE CARRILLO PUERTO	17,690	86%	0%	0%
	CHUNHUHUB	4,338	86%	38%	0%
	TIHOSUCO	4,188	93%	0%	0%
	Total	26,216	87%	6%	0%
SOLIDARIDAD	PLAYA DEL CARMEN	39,005	50%	30%	15%(21.9%*)
	TULUM	7,975	79%	0%	0%
	Total	46,980	55%	25%	13%
Total en el Estado		720,567	95%	57%	73%

Fuente: CAPA Plan Estratégico APAS 2001-2025, \* EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGU RESIDUALES DE PLAYA DEL CARMEN, SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, MAYO DE 2002/ CNA

## 2.2.2 Manejo de Residuos Sólidos

El siguiente cuadro muestra datos claves sobre el Manejo de los Residuos Sólidos.

Cuadro 10: Situación Actual sobre el Manejo de los Residuos Sólidos

Aspecto	Othon P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
Sección a Cargo	Oficina de la Dirección de Servicios Públicos Municipales	Dirección de Servicios Públicos Municipales	Contratista Privado
Área de Servicio	El servicio apunta principalmente a la ciudad de Chetumal, pero las siguiente comunidades también tendrían servicio regular: Subteniente López, Xul-Ha, Huay-Pix, Raudales, Laguna Guerrero, Luis Echeverría, Bacalar, Nicolás Bravo, Calderitas, Javier Rojo Gómez, Alvaro Obregón, Mahahual	Ciudad de Felipe C Puerto	Playa del Carmen, Tulum, y otras localidades turísticas
Cobertura del Servicio	57%	18%	82%
Almacenamiento & descarga	Supermercados en bolsas plásticas, contenedores plásticos, y barriles	bolsas, barriles	Bolsas plásticas, barriles, y contenedores para la recolección separada (Playa del Carmen)
Frecuencia de Recolección	Diaria para el centro de la ciudad, tres veces al día para el área residencial (Chetumal)	Diaria para el centro de la ciudad, tres veces al día para el área residencial	varía; desde diaria hasta una vez por semana
método	Puerta a puerta	Puerta a puerta	Puerta a puerta
Rutas y vehículos	31 rutas recolección con 17 vehículos, 10 vehículos para trabajos especiales, los vehículos se encuentran generalmente en malas condiciones	Dos vehículos en condiciones malas	16 rutas de recolección con ocho vehículos
Transportación	Transporte directo	Transporte directo	Transporte directo
Disposición	1) Descarga a cielo abierto en Calderitas, ubicada a 15km del centro de la ciudad, 2 bulldozers han sido asignados para el sitio, pero se encuentran en malas condiciones. 2) Varias descargas a cielo abierto en comunidades locales	Descarga a cielo abierto a 6 Km. del centro de la ciudad.	1) Relleno con control de gases a 13 Km. de Playa del Carmen 2) Descarga a cielo abierto a 8km de Tulum 3) Botadero a cielo abierto en Akumal
Barrido	50% de las avenidas/calles son cubiertas por el barrido manual y mecánico	El centro de la ciudad es cubierto con barrido manual	El centro de la ciudad de la Playa del Carmen es cubierta por el servicio
No de empleados	En recolección 150, en barrido 75, en disposición 5	En recolección 8	Contratista privado 79

## 2.2.3 Manejo de Aguas Subterráneas

### a. Pozos

El siguiente cuadro muestra la cantidad de pozos de extracción e inyección en el Área de Estudio.

Cuadro 11: Cantidad de Pozos Registrados

Aspecto	Othon P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
<b>1. Pozo de Extracción</b>			
Abastecimiento de Agua Potable Público	147	74	29
Agricultura	658	336	35
Sector servicio	209	4	129
Otros		35	29
<b>Total</b>	<b>1,014</b>	<b>449</b>	<b>222</b>
<b>2. Pozo de Inyección</b>			
Alcantarillado Público	2	1	2
Sector servicio	82	20	169
Otros	7		13
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>21</b>	<b>184</b>

### b. Situación Actual del Monitoreo

No existen pozos de monitoreo de la CNA en el municipio de Othón P. Blanco. Sin embargo, CAPA realiza de manera regular análisis de la calidad del agua. Los parámetros monitoreados durante dichos análisis son: CaCO<sub>3</sub>, cloruros, alcalinidad, grado de acidez, pH, color, conductividad eléctrica, turbidez, SDT, y Coliformes. Además de monitorear el agua subterránea, la Marina ha llevado a cabo el monitoreo del agua superficial en la Bahía de Chetumal y el Área de la Laguna de Bacalar.

En Felipe C. Puerto, la CNA no ha construido pozos de monitoreo. Aunque la CAPA está realizando el análisis de agua de los pozos de producción en intervalos de seis (6) meses.

En Solidaridad, existen treinta (30) pozos de monitoreo que han sido construidos recientemente por la CNA. Sin embargo, los niveles freáticos y su calidad no pudieron ser determinados para la zona costera de Solidaridad.

## 2.3 Evaluación de la Situación Actual y Confirmación de Aspectos Importantes

En este capítulo, se evalúan la situación actual y los problemas importantes proyectados hacia el futuro.

### 2.3.1 Manejo de Aguas Residuales

El siguiente cuadro presenta la evaluación y los problemas importantes en el campo de manejo de aguas residuales.

Cuadro 12: Evaluación y Problemas Importantes en el Manejo de Aguas Residuales

No.	Evaluación	Problemas importantes
10	Nivel estatal	
101	<ul style="list-style-type: none"> <li>Varias instituciones han proporcionado los resultados de sus observaciones sobre cuerpos de agua costeros y cuerpos de agua dulce dentro del área de estudio y sus alrededores. La Marina realiza observaciones periódicas y en puntos fijos, enfocándose en los cuerpos de agua antes mencionados. Por otra parte, CAPA realiza observaciones periódicas de los pozos, en especial de parámetros como dureza, que tienen el fin de servirles en el manejo de las fuentes de abastecimiento de agua. Además, la CNA realiza estudios de las aguas subterráneas en la Riviera Maya, en donde la industria turística se ha desarrollado rápidamente y existen muchos pozos de inyección de aguas residuales.</li> </ul>	Se debe establecer un sistema que integre los datos y actividades realizadas por varias instituciones.
102	<ul style="list-style-type: none"> <li>La CNA tiene la intención de crear una nueva regulación o modificar la regulación existente sobre el manejo de aguas residuales con el fin de hacerla apropiada para la condición geológica específica, donde predominan las formaciones calizas de la Península de Yucatán.</li> <li>Los hoteles consumen grandes cantidades de agua y descargan grandes cantidades de aguas residuales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales de los hoteles no son suficientes.</li> </ul>	Se debe considerar la necesidad de una regulación específica del manejo de aguas residuales con el propósito de proteger el acuífero.
103	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ha establecido como política de CAPA ser la organización líder en el sector agua potable y alcantarillado basándose en la calidad de su servicio y la implementación de los mejores procedimientos técnicos, comerciales y administrativos. Además, se intenta lograr la autosuficiencia operativa, económica y financiera con el propósito de contribuir al desarrollo del Estado.</li> <li>El documento conocido como "Manual de Organización y Procedimientos" fue elaborado por una firma consultora contratada por CAPA. Si son implementados y aplicados, puede resultar en el mejoramiento de la eficiencia en general.</li> <li>CAPA posee numerosos datos que posibilitan la implementación de un sistema de indicadores de evaluación. Para este propósito, la consultoría propuso un Sistema de Evaluación General que incluye indicadores de cobertura e infraestructura, eficiencias operativa, comercial y de ingresos.</li> </ul>	CAPA parece estar siguiendo el camino correcto. Se recomienda implementar lo que han planeado.
11	Othón P Blanco	
111	<ul style="list-style-type: none"> <li>La generación de DBO y su descarga al medio ambiente en Othón P Blanco es la más alta entre los tres municipios.</li> <li>La población de Chetumal es de aproximadamente el 60% de la población total del municipio.</li> <li>CAPA ha construido unos 8,800 pozos de conexión que sirven para conectar el drenaje doméstico al alcantarillado. Sin embargo, en la realidad se calcula en 1,500 las casas que tienen tal conexión.</li> </ul>	Se debe promover la conexión urgente de los drenajes domésticos al alcantarillado en Chetumal.

No.	Evaluación	Problemas importantes
112	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aunque no existen sistemas de alcantarillado operando en las áreas rurales en la actualidad, CAPA ha comenzado a introducir un sistema. Sin embargo, se teme que tengan el mismo problema que en Chetumal, es decir, bajo nivel de conexión de desagües domésticos al sistema.</li> <li>• Los parámetros de diseño se basan en la literatura existente y no en la operación actual, por lo que resulta necesario obtener parámetros derivados de las experiencias operativas reales y también establecer un modo de operación adecuado.</li> <li>• El sistema de alcantarillado mencionado arriba tiene como meta a las comunidades que tienen cierta densidad poblacional. Se deben considerar alternativas para comunidades más pequeñas.</li> </ul>	<p>Se debe establecer la tecnología apropiada en áreas rurales y semi-urbanas para reducir la carga contaminante de estas áreas.</p>
113	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los servicios de agua potable y alcantarillado en Othón P Blanco han sido financieramente deficitarios en los últimos tres años.</li> <li>• El bajo nivel de medidores de micro-medición restringe el potencial de aplicación de la tarifa progresiva de agua.</li> <li>• Los recursos son escasos para comenzar. Siendo realistas, sería cada vez más difícil depender de los niveles superiores de gobierno para el financiamiento de los servicios necesarios.</li> <li>• Sería más viable persuadir a los usuarios que paguen su parte correspondiente de costos del servicio cuando ellos se encuentren relativamente satisfechos con el servicio.</li> <li>• Los planes definidos por la oficina principal de CAPA establecen completar la instalación de medidores de micro-medición dentro de los próximos dos años.</li> </ul>	<p>Se debe mejorar la situación financiera de los servicios de agua potable y alcantarillado proveídos por CAPA en Othón P Blanco. Esto podría lograrse con el mejoramiento del servicio de abastecimiento de agua; la aplicación de las tarifas de agua existentes que sería posible con la micro-medición, reducción de fugas de agua, y mejoramiento en la calidad de agua. Estos esfuerzos deberían ser monitoreados a través de indicadores de desempeño seleccionados.</p>
114	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el Municipio de Othón P Blanco, la educación ambiental es dada de manera independiente por varias instituciones y una ONG, por ejemplo, SEDUMA, CAPA, el Ayuntamiento de Othón P Blanco y ONGs.</li> <li>• Son pocos los programas dirigidos específicamente al manejo de las aguas residuales con el objetivo de preservar el ambiente. La sociedad en conjunto apenas puede asir superficialmente la magnitud de los problemas de saneamiento ambiental; como resultado, se observa poca participación de la población en el manejo de las aguas residuales y el modesto conocimiento del público en aspectos ambientales.</li> </ul>	<p>Varias instituciones (SEMARNAT, SEDUMA, CAPA, Municipio, y ONGs) han unido esfuerzos para trabajar conjuntamente como un equipo y diseminar los conocimientos a través de prácticas concretas con la participación de la comunidad, comenzando con escolares y comunidades en general.</p>
12	Felipe C Puerto	
121	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe un sistema compuesto por una planta de tratamiento centralizada (fuera de la localidad) en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, dicho sistema asiste solamente a 567 residentes; lo anterior representa un 3% de la cobertura total del sistema de alcantarillado de la población de la ciudad y un 1% del total de la población municipal.</li> <li>• La planta de tratamiento de aguas residuales de Felipe Carrillo Puerto tiene la capacidad de tratar hasta 5 litros/segundo (432m<sup>3</sup>/día) de aguas residuales, sin embargo, el flujo actual es de 1.34 litros/segundo (116m<sup>3</sup>/día) lo cual representa sólo el 27% de su capacidad.</li> </ul>	<p>La primera prioridad en el área urbana es recolectar las aguas residuales hasta alcanzar la capacidad de la planta de tratamiento; una vez logrado lo anterior, el sistema debe ser expandido.</p>
122	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualmente en el área rural, no opera ningún sistema de saneamiento y alcantarillado; teniendo en cuenta que la población de las comunidades entre 100 y 2,500 habitantes representa más del 50% del total de la población en el municipio, se deben de tomar ciertas medidas que sean adecuadas para hacerle frente a esta situación.</li> </ul>	<p>Se debe establecer la tecnología apropiada en áreas rurales y semi-urbanas para reducir la carga contaminante de estas áreas.</p>
123	<p>El servicio de agua potable en Felipe Carrillo Puerto ha sido financieramente deficitario en los últimos tres años.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El bajo nivel de medidores de micro-medición restringe el potencial de aplicación de la tarifa progresiva de agua.</li> <li>• Los recursos son escasos para comenzar. Siendo realistas, sería cada vez más difícil depender de los niveles superiores de gobierno para el financiamiento de los servicios necesarios.</li> </ul>	<p>Se debe mejorar la situación financiera de los servicios de agua potable y alcantarillado proveídos por CAPA. Esto podría lograrse con el mejoramiento del servicio de abastecimiento de agua; la aplicación de las tarifas de agua existentes que sería posible con la</p>

No.	Evaluación	Problemas importantes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sería más viable persuadir a los usuarios para que paguen su parte correspondiente de costos del servicio cuando ellos se encuentren relativamente satisfechos con el servicio.</li> <li>• Los planes definidos por la oficina principal de CAPA establecen completar la instalación de medidores de micro-medición dentro de los próximos dos años.</li> </ul>	micro-medición, reducción de fugas de agua, y mejoramiento en la calidad de agua. Estos esfuerzos deberían ser monitoreados a través de indicadores de desempeño seleccionados.
124	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se han realizado en el pasado algunos programas de letrinización en algunas comunidades. Sin embargo, debido a los problemas de adaptación y al manejo y mantenimiento inadecuados de las letrinas, se practica aun el fecalismo al aire libre. La infección y la contaminación debido al fecalismo al aire libre y la inapropiada ubicación de las letrinas, así como también presencia de animales en las áreas urbanas son las causas principales de las enfermedades gastrointestinales.</li> </ul>	Se debe diseminar el uso apropiado de letrinas en áreas rurales.
13	Solidaridad	
131	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tan sólo la ciudad de Playa del Carmen cuenta con una población que representa alrededor del 68% del total de la población del municipio.</li> <li>• En Playa del Carmen, el caudal de entrada de aguas residuales entrantes casi alcanza el índice de capacidad de la planta y resulta urgente construir o expandir la planta de tratamiento de aguas residuales. Con el fin de resolver esta situación, CAPA tiene un plan para construir una planta con capacidad de 360 litros/seg. (31,110m<sup>3</sup>/día).</li> </ul>	Se debe construir y operar una nueva planta de tratamiento con el fin de hacer frente a la demanda creciente.
132	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la actualidad no existe un sistema de alcantarillado para el área rural, sin embargo, CAPA comienza a introducir el sistema de alcantarillado en las áreas rurales y comienza a trabajar con plantas de tratamiento de aguas residuales a pequeña escala colectivas como las que se construyen en Puerto Aventuras y Akumal en la Riviera Maya.</li> <li>• Los parámetros designados se basan en la literatura y no en la operación actual, por lo que resulta necesario obtener parámetros a través de las operaciones actuales y establecer un modo de operación.</li> <li>• El sistema de alcantarillado mencionado arriba tiene como meta a las comunidades que tienen cierta densidad poblacional. Se deben considerar alternativas para comunidades más pequeñas.</li> </ul>	Se debe establecer la tecnología apropiada en áreas rurales y semi-urbanas para reducir la carga contaminante de estas áreas.
133	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio de Solidaridad presentaron resultados financieros positivos en los últimos tres años.</li> <li>• La suficiencia financiera de los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio de Solidaridad podría ser atribuida a la micro-medición relativamente alta, estimada en 56%, así como también a la presencia de 132 hoteles en el área.</li> <li>• La autosuficiencia financiera no debería conducir a la complacencia, ya que la situación puede cambiar rápidamente. La actual situación favorable sería el momento oportuno para establecer el mecanismo de monitoreo que permita mejorar el servicio de manera permanente.</li> <li>• El Municipio de Solidaridad saldría beneficiado de los planes que tiene la oficina principal de CAPA en completar la instalación de medidores de micro-medición dentro de los próximos dos años.</li> </ul>	Se debe mantener la buena situación financiera con el mejoramiento en la aplicación de la tarifa de agua existente, expansión de la micro-medición, supervisión sobre las fugas de agua, y mejoramiento constante de la calidad de agua. Estos esfuerzos deberían ser monitoreados a través de indicadores de desempeño seleccionados.

### 2.3.2 Manejo de Residuos Sólidos

El siguiente cuadro presenta la evaluación y problemas importantes en el campo de manejo de residuos sólidos.

Cuadro 13: Evaluación y Problemas Importantes en el Manejo de Residuos Sólidos

No.	Evaluación	Problemas importantes
20	Nivel Estatal	
201	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el curso del desarrollo económico surgen nuevos y diversos requerimientos relacionados al manejo de residuos sólidos, tales como el servicio de recolección para una población creciente, relleno sanitario y reciclaje, sin embargo, es posible que los ayuntamientos no tengan la capacidad necesaria para hacer frente a estas nacientes necesidades.</li> <li>Existe un marco de colaboración en que el gobierno estatal a través de SEDUMA que apoya a los ayuntamientos, aunque no se puede decir que esté funcionando bien.</li> <li>Los nuevos requerimientos implican la infusión de grandes financiamientos. Los ayuntamientos pueden acceder a recursos solo a través del gobierno estatal.</li> </ul>	Se debería expandir el marco de colaboración estatal-municipal en cuanto al manejo de residuos sólidos con el fin de hacer frente a los nuevos requerimientos.
202	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los municipios tienen problemas en la disposición final. Para hacer frente a esta situación, SEDUMA realiza proyectos para la construcción de rellenos sanitarios en Chetumal, Felipe C Puerto y Tulum.</li> <li>El proyecto de relleno sanitario en Chetumal sería el más adecuado para el ayuntamiento. Sin embargo, los otros proyectos pueden ser difíciles de implementar. Felipe C Puerto ha expresado que no tendría la capacidad financiera para hacer frente a los altos costos operativos del relleno. Alrededor del sitio planeado en Tulum pueden haber importantes acuíferos.</li> <li>Ningún proyecto toma en consideración el mejoramiento de la operación actual, la clausura y la remediación de los botaderos existentes o abandonados. Estos son aspectos importantes para implementar el método de relleno sanitario en el área de estudio, ya que es muy difícil dar un salto cualitativo sin pasos intermedio desde etapas inferiores hasta etapas superiores, tanto en los aspectos técnicos como en los financieros.</li> </ul>	<p>Se debe mejorar la disposición final en los municipios. Se deberá avanzar con los proyectos de SEDUMA referentes a la construcción de nuevos rellenos en Chetumal, Felipe C Puerto y Tulum. Sin embargo, puede existir la necesidad de tomar en consideración las condiciones locales de los municipios, en especial, de Felipe C Puerto y Solidaridad.</p> <p>Se debe mejorar la forma actual de operar la disposición. Se debe planear e implementar la clausura y remediación de los botaderos existentes y abandonados.</p>
21	Othón P Blanco	
211	<ul style="list-style-type: none"> <li>El trabajo de recolección de residuos sólidos es bien realizado. Sin embargo, existen algunas amenazas/riesgos que pueden menoscabar la buena práctica existente, tales como: el diseño de rutas desequilibradas que llevan a la operación excesiva de los vehículos de recolección y no permite el mantenimiento apropiado, y el tiempo excesivo que se requiere en la obtención de repuestos, lo cual obliga a los vehículos a permanecer ociosos, lo anterior representa una pérdida financiera.</li> <li>El volumen de disposición final en Calderitas que ha sido registrado por la alcaldía es de 9,000 toneladas de residuos por mes (300 ton/día), mucho mayor que la cantidad estimada de disposición diaria de 120 ton/día. Conocer la cantidad correcta de disposición final es fundamental, no solamente para planear las operaciones sino también para controlar los costos operativos. Se debe registrar correctamente la cantidad de residuos sólidos.</li> <li>Los ingresos por derechos del servicio de residuos sólidos en el Municipio de Othón P Blanco cubrieron solamente el 8% de los costos del servicio en el 2002. Aun en el caso de que el servicio de residuos sólidos se mantenga dentro del servicio municipal, la justificación de presupuestos puede ser más convincente cuando se presenten cifras concretas de costos específicos. Esto requeriría de un cuidadoso registro de datos de todas las actividades del servicio que serían convertidas a</li> </ul>	Se debe fortalecer la capacidad gerencial del ayuntamiento con el registro cuidadoso de datos y la introducción de indicadores de desempeño, con el fin de proveer servicios de manejo de residuos sólidos que sean eficientes y eficaces.

No.	Evaluación	Problemas importantes
	cifras de costos. Estos datos registrados permitirán la preparación de diversos indicadores de desempeño, operativo-comercial-financiero, que podrían ser monitoreados constantemente como un medio de mejorar la eficiencia y la eficacia del servicio de residuos sólidos. El resultado final que se espera es el mejoramiento de las finanzas del servicio de residuos sólidos.	
212	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sitio de disposición de Calderitas presenta un severo riesgo sanitario y ambiental, proliferación de insectos y animales, incendio, lixiviados, etc.</li> </ul>	Se debe mejorar el sitio de disposición existente en Calderitas.
213	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen botaderos a cielo abierto en pequeñas comunidades como Bacalar. Aunque el grado de impactos adversos, sanitarios y ambientales, no es aun significativo comparado con el botadero de Caleritas, puede llegar a ser considerable en el futuro cuando avance el desarrollo.</li> </ul>	En pequeñas comunidades, se debe establecer un manejo óptimo de residuos sólidos, incluyendo un sistema apropiado de disposición final.
214	<ul style="list-style-type: none"> <li>El ayuntamiento demuestra interés en el compostaje. El reciclaje incluyendo el compostaje es una de las buenas maneras de alentar la conservación de recursos. Sin embargo, deben ser implementados sobre la base de la viabilidad financiera de su operación.</li> </ul>	La introducción del compostaje debe ser considerado principalmente desde el punto de vista de la viabilidad financiera.
215	Además de los problemas existentes en el manejo de residuos sólidos, en un futuro cercano surgirán nuevos problemas en Costa Maya en donde se espera un gran desarrollo turístico.	Se debe establecer en Costa Maya un sistema de manejo de residuos sólidos con la participación del sector turismo, con el fin de hacer frente a las demandas derivadas del desarrollo del sector mencionado.
216	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el Municipio de Othón P Blanco, la educación ambiental es dada de manera independiente por varias instituciones y una ONG como SEDUMA, CAPA, el Ayuntamiento de Othón P Blanco y ONGs. Sin embargo, son pocos los programas dirigidos específicamente al manejo de los residuos sólidos. La sociedad en conjunto apenas puede asir superficialmente la magnitud de problemas de saneamiento ambiental; como resultado, se observa poca participación de la población en el manejo de los residuos sólidos y el modesto conocimiento del público en aspectos ambientales.</li> </ul>	Varias instituciones (SEMARNAT, SEDUMA, CAPA, Municipio, ONGs,) han unido esfuerzos para trabajar conjuntamente como un equipo y diseminar los conocimientos a través de prácticas concretas con la participación de la comunidad, comenzando con escolares y comunidades en general.
22	Felipe C Puerto	
221	<ul style="list-style-type: none"> <li>El servicio de recolección de residuos sólidos se provee solamente en la ciudad de Felipe C Puerto. El 50% de la población se beneficia con el servicio. Es una cobertura bastante baja para una ciudad. La baja cobertura del servicio se refleja en los botaderos clandestinos que se encuentran en muchos lugares de la ciudad.</li> <li>El pobre estado de los vehículos dificulta la provisión de servicios apropiados de recolección de residuos sólidos.</li> </ul>	Se debe mejorar la cobertura del servicio en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto.
222	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los registros municipales indican que se recolectan y se disponen 30 toneladas de residuos sólidos por día. Sin embargo, la cantidad estimada de residuos recolectados y dispuestos es de alrededor de 10 toneladas por día. Una equivocación de este tipo puede conducir a la preparación de planes incorrectos. Se debe registrar la cantidad correcta de residuos.</li> <li>El aspecto importante es el déficit financiero del servicio de manejo de residuos sólidos, que en Felipe Carrillo Puerto se presta libre de cargos. Hasta el presente, no se han establecido tarifas o derechos por el servicio de residuos sólidos. Aun en el caso de que el servicio de residuos sólidos se mantenga dentro del servicio municipal, la justificación de presupuestos puede ser más convincente cuando se presenten cifras concretas de costos específicos. Esto requeriría de un cuidadoso registro de datos de todas las actividades del servicio que</li> </ul>	Se debe fortalecer la capacidad gerencial del ayuntamiento con el registro cuidadoso de los datos y la introducción de indicadores de desempeño con el fin de proveer servicios de manejo de residuos sólidos que sean estables, eficientes y eficaces.

No.	Evaluación	Problemas importantes
	<p>serían convertidas a cifras de costos. Estos datos registrados permitirán la preparación de diversos indicadores de desempeño, operativo-comercial-financiero, que podrían ser monitoreados constantemente como un medio de mejorar la eficiencia y la eficacia del servicio de residuos sólidos. El resultado final que se espera es el mejoramiento de las finanzas del servicio de residuos sólidos.</p>	
223	<ul style="list-style-type: none"> <li>El sitio actual de disposición final es un botadero a cielo abierto sin control. Causa problemas tales como incendios, olores, proliferación de insectos y animales, contaminación atmosférica, contaminación del acuífero, etc.</li> </ul>	<p>El botadero actual debe ser mejorado inmediatamente tomando en consideración la poca capacidad, en términos generales, del ayuntamiento.</p>
224	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los residuos hospitalarios son recolectados en forma separada del servicio de recolección de residuos comunes, pero son dispuestos en forma conjunta. Con el fin de minimizar la propagación de enfermedades, los residuos hospitalarios deben ser cuidadosamente dispuestos en forma separada.</li> </ul>	<p>Los residuos hospitalarios deben ser cuidadosamente dispuestos en forma separada.</p>
225	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existen pocas actividades de educación ambiental sobre el manejo de residuos sólidos en Felipe Carrillo Puerto. En muchas áreas en la periferia de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto se observan bolsas y botellas de plástico esparcidas en las calles y lugares abiertos. Esta situación se presenta como causa de la poca conciencia ciudadana sobre los problemas ambientales.</li> </ul>	<p>Se debe mejorar la conciencia ciudadana sobre problemas ambientales.</p>
23	Solidaridad	
231	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el municipio existen dos botaderos abandonados que se encuentran en terribles condiciones sanitarias y ambientales.</li> </ul>	<p>Los dos botaderos abandonados deben ser clausurados inmediatamente de manera apropiada.</p>
232	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se han realizado diversas actividades de reciclaje en el municipio. Este esfuerzo debe ser valorado. Sin embargo, se reporta que algunas de ellas fallaron por motivos financieros.</li> </ul>	<p>Se debe tener en cuenta la viabilidad financiera en las actividades de reciclaje.</p>
233	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se han establecido en Enero del 2003 las nuevas tarifas o derechos del servicio de residuos sólidos que parecen ser lo suficientemente amplias como para cubrir las necesidades de los diferentes tipos de usuarios del servicio. Los ingresos que no cubrieron los costos durante los primeros cinco meses pueden representar que se hayan presentado obstáculos imprevistos en la aplicación de las tarifas durante esta etapa inicial. Es posible que los usuarios del servicio no estén familiarizados con las nuevas tarifas, a pesar de haber sido publicada en el Periódico Oficial, y esta falta de familiaridad con las tarifas puede causar que los usuarios del servicio sean renuentes a pagar.</li> </ul>	<p>Los ingresos deben ser mejorados facilitando la aplicación de los derechos del servicio establecidos en Enero del 2003.</p>
234	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Ayuntamiento de Solidaridad ha realizado una serie de actividades que incluyen la educación ambiental, capacitación y eventos relacionados al manejo de los residuos sólidos con la participación de escuelas y una compañía privada. La mayoría de las actividades fueron realizadas en Playa del Carmen y en las áreas costeras de la Riviera Maya en donde no se observan mayores problemas de residuos sólidos. Sin embargo, en algunas localidades se observan basuras esparcidas principalmente en los espacios abiertos. Esta situación indica que a pesar de los esfuerzos desplegados por el Ayuntamiento, aún se requiere de la participación comunitaria.</li> </ul>	<p>Se debe estimular la participación comunitaria respecto al MRS en ciudades pequeñas.</p>

### 2.3.3 Manejo de Aguas Subterráneas

El siguiente cuadro presenta la evaluación y problemas importantes en el campo de manejo de aguas subterráneas.

Cuadro 14: Evaluación y Problemas Importantes en el Manejo de Aguas Subterráneas

No.	Evaluación	Problemas importantes
301	<ul style="list-style-type: none"> <li>El inventario de los pozos en el Área de Estudio está almacenado en la base de datos las computadoras de la CNA. Sin embargo, no se guardan con el inventario ni el diseño de los pozos ni la información de perfiles geológicos (cortes litológicos) encontrados durante la construcción. Estos datos son importantes como base para el establecimiento de herramientas para el manejo de las aguas subterráneas, tales como el mapa hidrogeológico, corte transversal y el modelo computarizado de las aguas subterráneas. De particular importancia son aquellos correspondientes a los pozos de inyección.</li> </ul>	Se debe guardar y mantener el diseño del pozo, así como también los datos sobre perfiles geológicos (cortes litológicos) tomados durante la construcción del pozo.
302	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aunque el inventario contiene el volumen de agua de concesión del pozo, no se registran los volúmenes reales de extracción y de inyección. Por lo menos una vez al año, los usuarios deben reportar el volumen real y la calidad del agua.</li> </ul>	Se deben mantener datos sobre el agua extraída e inyectada.
303	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por lo menos una vez al año, la CNA debe realizar una inspección regular sobre los volúmenes de extracción y de inyección de agua, y la calidad de las misma, para pozos pre-seleccionados.</li> <li>Recientemente, se han construido pozos de monitoreo para las aguas subterráneas en el corredor denominado Cancún-Tulum. De manera regular y manual, se examinan los niveles freáticos y la calidad del agua cada 6 meses. En consecuencia, se estima que no es necesario que se instalen medidores automáticos del nivel freático y de la calidad de agua en todos los pozos, sin embargo, sí se considera que algunos pozos seleccionados deberían ser monitoreados de manera automática.</li> </ul>	Se debe establecer un sistema de inspección y monitoreo de la calidad de agua de los pozos.
304	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muchos pozos de inyección en el Área de Estudio ya han entrado en operación. Sin embargo, no ha sido establecida una norma de inyección para los mismos.</li> </ul>	Se debe establecer y hacer cumplir una norma para los pozos de inyección.

### 3 Formulación del Plan Maestro

#### 3.1 Marco de Planeación

##### 3.1.1 Desarrollo Futuro

El “Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Quintana Roo (PEDU)” se publicó oficialmente en el “Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo”, el 22 de abril de 2002. El PEDU indica la existencia de programas ambientalistas como el POET (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial) que limitan el superdesarrollo de la zona norte del estado; asimismo el POET señala que el crecimiento de la zona sur debe mantener el equilibrio entre desarrollo y conservación ambiental, como por ejemplo, a través del turismo de bajo impacto. El programa estima también el desarrollo futuro de las comunidades. En este Estudio, se considera al programa como una especie de plan superior.

##### 3.1.2 Población Futura

###### a. Población Residencial

Las proyecciones de población se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 15: Proyección de la Población

Municipio	2003	2005	2010	2015
OTHON P BLANCO	228,683	269,647	358,299	415,189
FELIPE CARRILLO PUERTO	63,616	66,149	70,661	73,901
SOLIDARIDAD	142,666	204,049	311,429	403,704
Total	434,965	539,845	740,389	892,794

###### b. Número de Turistas

La proyección del número de turistas se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 16: Número de Turistas (Proyección)

Año	2003	2005	2010	2015
Costa Maya	80,468	217,000	221,000	225,000
Playa del Carmen	916,396	1,061,244	1,389,659	1,669,924
Aventuras – Akumal	637,791	732,149	873,206	960,403
Tulum	122,838	146,078	215,273	300,318
Total	1,757,493	2,156,471	2,699,138	3,155,645

### 3.1.3 Cantidad y Calidad Projectada de las Aguas Residuales

#### a. Tasa de Generación de las Aguas Residuales

El porcentaje de generación de aguas residuales se define con base en el manual de CNA<sup>2</sup>. El manual recomienda utilizar 75% del porcentaje de abastecimiento de agua como generación de aguas residuales para la planeación del sistema de alcantarillado. Asimismo, el manual recomienda el porcentaje de agua a suministrar dependiendo del clima.

En el Plan Maestro la estimación de 230 litros/persona/día se considera como el porcentaje previsto de abastecimiento, debido a que el Área de Estudio pertenece al “clima caliente”. Por consiguiente, 173 litros/persona/día como tasa de generación de aguas residuales se obtiene de la siguiente manera:

$$q = 230(\text{litro} / \text{persona} / \text{día}) \times 75\% = 173(\text{litro} / \text{persona} / \text{día})$$

#### b. Cantidad de Aguas Residuales

El Cuadro 17 indica la proyección de la cantidad generada de aguas residuales en el futuro, las cifras se derivaron de la tasa de generación actual y de la proyección de población para los próximos años.

Cuadro 17: Resumen de la Cantidad Generada de Aguas Residuales

MUNICIPIO	2003	2005	2010	2015
OTHON P. BLANCO	39,813.7	47,326.7	62,676.2	72,529.8
FELIPE CARRILLO PUERTO	11,005.3	11,444.0	12,223.9	12,784.9
SOLIDARIDAD	29,920.0	41,358.4	61,614.6	78,991.5
Total	80,739.0	100,129.1	136,514.7	164,306.2

Unidad: m<sup>3</sup>/día

#### c. Calidad Projectada de las Aguas Residuales

El manual de CNA también define las generaciones per capita de carga contaminante. Teniendo en consideración la cifra antes mencionada y la tasa de generación de aguas residuales, se ha proyectado la calidad del agua de la manera como se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro 18: Tasa de Carga Contaminante

Parámetro	Tasa de la Carga Contaminante (g/persona/día)	Calidad del Agua (mg/litro)
BOD	54	312
COD	110	636
SS	52	300
T-N	8	46
T-P	4.60	27

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver3.0, 2001 CNA II-3.-4.2

<sup>2</sup> Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver 3.0, 2001 CNA.

### 3.1.4 Cantidad y Composición Proyectada de Residuos

#### a. Tasa de Generación de Residuos

##### a.1 Residuos Domésticos

Las tasas de generación de residuos han sido definidas de la manera como se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 19: Tasa de Generación de Residuos Domésticos

Municipio	Tasa de generación de residuos (g/persona/día)
OTHON P. BLANCO	970
FELIPE CARRILLO PUERTO	802
SOLIDARIDAD	970

##### a.2 Residuos No-domésticos

Para este estudio se ha utilizado la tasa de 601.0 g/día/PEA (población económicamente activa) para planificar la tasa de generación de residuos no-domésticos.

##### a.3 Tasa de Generación de Residuos por Turista

Para este estudio, se ha empleado la misma tasa de generación doméstica para las estimaciones de la tasa de generación por turista.

#### b. Composición de Residuos

La composición proyectada de los residuos se estima de la manera como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 20: Composición de los Residuos

Composición	Porcentaje %
Papel	14.08
Residuos de cocina	18.74
Textiles	13.52
Césped & madera (residuos de jardines)	17.19
Plástico	5.93
Goma & piel	7.31
Metal	4.19
Vidrios	8.67
Tierra, piedra y cerámica	7.06
Otros	3.32
Total	100.00

**c. Densidad**

Para este estudio se ha utilizado la densidad de 0.169 en el punto de generación como herramienta de planeamiento.

**d. Cantidad Proyectada de Residuos**

El Cuadro 21 muestra una estimación de la generación de residuos con vistas al futuro.

**Cuadro 21: Cantidad de Residuos Generados en el Futuro**

Categoría	Año	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad	Total
Doméstico (ton/día)	2003	221.83	51.01	138.39	411.22
	2005	261.56	53.05	197.93	512.54
	2010	347.55	56.67	302.09	706.31
	2015	402.74	59.27	391.59	853.60
No doméstico (ton/día)	2003	42.20	10.60	25.90	78.70
	2005	46.01	11.10	34.20	91.31
	2010	59.44	12.40	55.10	126.94
	2015	72.33	13.40	73.80	159.53
Turístico (ton/día)	2003	1.50	-	29.40	30.90
	2005	3.80	-	33.90	37.70
	2010	4.00	-	43.40	47.40
	2015	4.00	-	51.40	55.40
Total (ton/día)	2003	265.52	61.61	193.69	520.82
	2005	311.37	64.15	266.03	641.55
	2010	410.99	69.07	400.59	880.65
	2015	479.06	72.67	516.79	1,068.52

### 3.2 Amenazas a Futuro

Teniendo como base una comprensión clara de las condiciones actuales del saneamiento ambiental, se confirma que, si la situación permanece tal como se encuentra en la actualidad y si el desarrollo turístico continúa creciendo, las aguas subterráneas, única fuente de abastecimiento de agua y que mantiene vínculos con otros ambientes acuáticos, podrían contaminarse y/o agotarse. Como resultado, dicha amenaza potencial representaría un factor importante que impediría el desarrollo sustentable en el área de estudio, como se muestra en la Figura 4.

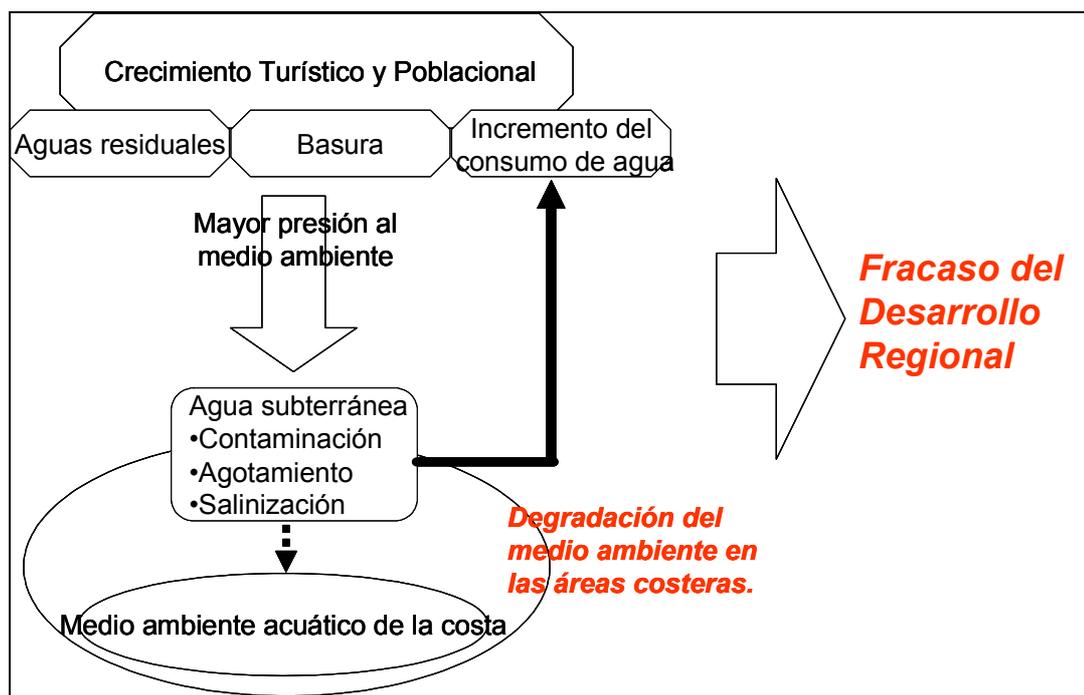


Figura 4: Desarrollo Sustentable y Aguas Subterráneas

Si no se toma ninguna medida en relación a MAR y el MRS con vistas al futuro, la cantidad de DBO que se descargaría al medio ambiente podría aumentar de 13,000 toneladas en el 2003 hasta 26,000 toneladas en el 2015 como se muestra en el Cuadro 22. En consecuencia, la concentración de DBO en el agua subterránea aumentaría hasta 4.9 mg/litros para el año 2015.

La pregunta que surge ahora es, en que categoría podemos clasificar a la concentración de DBO de 4.9 mg/litro. Como no existe un estándar ambiental para los cuerpos de agua públicos en México, se ha tomado como referencia el estándar de Japón. La concentración de DBO de 4.9 mg/litro corresponde a la categoría Clase B, y se aproxima en gran medida a la categoría Clase C (Ver Cuadro 24 y Cuadro 25). La categoría Clase C se define como el cuerpo de agua que requiere de una sofisticada purificación, para el abastecimiento del agua.

En consecuencia, se estima que las aguas subterráneas podrían ser severamente contaminadas, deteriorando el ambiente acuático de las costas, si no se toman las medidas necesarias para el manejo del saneamiento ambiental, o para el MAR o MRS.

Cuadro 22: Cantidad de DBO Descargada al Medio Ambiente

Unidad: ton/año

	2003	2005	2010	2015
<b>Proveniente de las Aguas Residuales</b>				
OTHON P. BLANCO	4,397.1	5,227.5	6,922.2	8,010.5
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,250.4	1,299.3	1,388.4	1,451.8
SOLIDARIDAD	1,446.7	1,999.7	2,979.2	3,819.3
<b>Total</b>	<b>7,094.2</b>	<b>8,526.5</b>	<b>11,289.8</b>	<b>13,281.6</b>
<b>Proveniente de los Residuos Sólidos</b>				
OTHON P. BLANCO	3,125.8	3,665.0	4,837.7	5,639.2
FELIPE CARRILLO PUERTO	725.5	754.7	813.0	855.5
SOLIDARIDAD	2,280.0	3,131.0	4,715.3	6,083.3
<b>Total</b>	<b>6,131.3</b>	<b>7,550.7</b>	<b>10,366.0</b>	<b>12,578.0</b>
<b>Global</b>				
OTHON P. BLANCO	7,522.9	8,892.5	11,759.9	13,649.7
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,975.9	2,054.0	2,201.4	2,307.3
SOLIDARIDAD	3,726.7	5,130.7	7,694.5	9,902.6
<b>Total</b>	<b>13,225.5</b>	<b>16,077.2</b>	<b>21,655.8</b>	<b>25,859.6</b>

Cuadro 23: Concentración de DBO estimada en las Aguas Subterráneas

Unidad: mg/litro

Aguas Residuales	2003	2005	2010	2015
<b>Proveniente de las aguas residuales</b>				
OTHON P. BLANCO	2.4	2.8	3.7	4.3
FELIPE CARRILLO PUERTO	0.5	0.5	0.6	0.6
SOLIDARIDAD	1.6	2.2	3.3	4.3
<b>Total</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>
<b>Proveniente de los residuos sólidos</b>				
OTHON P. BLANCO	1.7	2	2.6	3
FELIPE CARRILLO PUERTO	0.3	0.3	0.3	0.3
SOLIDARIDAD	2.6	3.5	5.3	6.8
<b>Total</b>	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>	<b>2</b>	<b>2.4</b>
<b>Global</b>				
OTHON P. BLANCO	4.0	4.8	6.3	7.3
FELIPE CARRILLO PUERTO	0.8	0.8	0.9	0.9
SOLIDARIDAD	4.2	5.7	8.6	11.1
<b>Total</b>	<b>2.5</b>	<b>3.1</b>	<b>4.1</b>	<b>4.9</b>

Cuadro 24: Estándar Ambiental de los Cuerpos Públicos de Agua (Ríos) en Japón

Clase	Uso del Agua	pH	DBO mg/litro	SS mg/litro	DO mg/litro	Coliformes totales NMP/100ml
AA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase 1 de Abastecimiento de Agua</li> <li>Conservación del ambiente natural</li> <li>Usos en la lista A-E</li> </ul>	6.5 a 8.5	1 o menos	25 o menos	7.5 o más	50 o menos
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase 2 de Abastecimiento de Agua</li> <li>Clase 1 de pesca</li> <li>Lista de usos B-E</li> </ul>	6.5 a 8.5	2 o menos	25 o menos	7.5 o más	1,000 o menos
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase 3 de Abastecimiento de agua</li> <li>Clase de pesca 2</li> <li>Lista de usos C-E</li> </ul>	6.5 a 8.5	3 o menos	25 o menos	5 o más	5,000 o menos
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase de pesca 3</li> <li>Clase 1 de Aguas Industriales</li> <li>Lista de usos D-E</li> </ul>	6.5 a 8.5	5 o menos	50 o menos	5 o más	-
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase 2 de Aguas industriales</li> <li>Conservación del ambiente natural</li> <li>Lista de usos E</li> </ul>	6.5 a 8.5	8 o menos	100 o menos	2 o más	-
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clase 3 de Aguas Industriales</li> <li>Conservación del ambiente</li> </ul>	6.0 a 8.5	10 o menos	La materia flotante como la basura puede ser observada	2 o más	-

Fuente: Medio Ambiente del Agua en Japón, Ministerio de Medio Ambiente en Japón

Cuadro 25: Definición de los Usos del Agua en los Estándares Ambientales de los Cuerpos de Agua Públicos (Ríos) en Japón

Aspectos	Definiciones
Conservación del Medio Ambiente Natural	La conservación del medio ambiente natural, para propósitos de paisajes naturales (ejemplo. Parques Naturales, Herencia Mundial Natural, etc.)
Clase 1 de Abastecimiento de Agua	Fuentes de agua para la producción de agua potable, con bajo nivel de purificación (ejemplo. Filtro de arena, etc.)
Clase 2 de Abastecimiento de Agua	Fuentes de agua para la producción de agua potable, con nivel normal de purificación del agua (ejemplo sedimentación por incorporación de químicos y filtro de arena, etc.)
Clase 3 de Abastecimiento de Agua	Fuente de agua para la producción del agua potable con un nivel avanzado de purificación (ejemplo, sedimentación con químicos y filtro de arena con absorción de carbón activado, etc.)
Clase 1 de Pesca	Cuerpos de agua altamente oligotróficos
Clase 2 de Pesca	Cuerpos de agua eurotróficos
Clase 3 de Pesca	Punto intermedio entre cuerpos de agua eurotróficos y oligotróficos.
Clase 1 de Aguas Industriales	Fuente de Agua para la producción de aguas industriales con un nivel normal de purificación (ejemplo, sedimentación simple, etc.)
Clase 2 de Aguas Industriales	Fuente de agua para la producción industrial con un nivel avanzado de purificación (ejemplo, sedimentación por incorporación de químicos, etc.)
Clase 3 de Aguas Industriales	Fuente de agua para la producción industrial con un nivel especial de purificación del agua
Conservación del Medio Ambiente	No altera el medio ambiente

### 3.3 Selección de un Sistema Técnico Óptimo

#### 3.3.1 Consideración del Objetivo Principal

El objetivo principal del estudio es formular un Plan Maestro (P/M) de manejo de aguas residuales (MAR) y de manejo de residuos sólidos (MRS) orientados a la preservación del ambiente acuático costero en el área de estudio. De manera expresa,

*El principal objetivo del P/M es preservar el ambiente acuático.*

En capítulos anteriores se ha establecido que la carga contaminante que tiene su origen en sectores como el de MAR y MRS, tiene un impacto significativo en el ambiente acuático subterráneo debido a las características geológicas, por lo que se debe enfocar a mantener el agua subterránea alejada de la carga contaminante debido a que las mismas se encuentran estrechamente relacionadas con el ambiente costero como los cenotes, cuevas y arrecifes coralinos dentro del área de estudio.

Aunque existen varios indicadores que nos permiten conocer la carga contaminante derivadas de las aguas residuales y en los desechos sólidos, es recomendable enfocarse en el parámetro DBO para elaborar el Plan Maestro, debido a que las aguas residuales y los desechos sólidos dentro del área de estudio provienen de las actividades domésticas y la DBO es el más común de los indicadores para la evaluación de la carga contaminante generada por dichas actividades. Además, la cantidad de DBO se encuentra íntimamente relacionada con otros contaminantes como son los coliformes, nitrógeno y fósforo; teniendo en consideración lo antes expuesto, la identificación del parámetro DBO podría conllevar a la identificación de otros contaminantes.

Como se mencionó anteriormente, el estándar ambiental en Japón para los cuerpos de agua públicos establece la clase AA como adecuada para la conservación del ambiente natural, bajo dicha categoría la calidad del agua tiene una concentración de DBO del orden de 1 mg/litro y menos; esta cifra se propone como referencia para la conservación del ambiente acuático costero dentro del área de estudio, ya que México no cuenta con dicho estándar. La propuesta es la siguiente:

*Establecer límites máximos de descarga de DBO proveniente de las áreas de MAR y de MRS con la finalidad de controlar la concentración de DBO en el agua subterránea en una cifra equivalente a 1mg/litro y menos.*

El límite máximo propuesto de descarga de DBO en el área de MAR es de 3,132.3 ton/año, mientras que para el sector de MRS es de 2,104.7 ton/año.

Cuadro 26: Limite Máximo (cifra objetivo) de descarga de DBO para el 2015

Área	Limite máximo de descarga de DBO
Aguas residuales	3,132.3
Desechos sólidos	2,104.7
Total	5,237.0

### 3.3.2 Selección de un Sistema Técnico Optimo para el Manejo de Aguas Residuales

Con el fin de establecer que *“la descarga de la DBO proveniente de las aguas residuales sea menor a 3,100 toneladas/año para el año 2015”* como un requerimiento mínimo, se consideraron varios niveles y métodos de tratamiento.

Los diversos niveles y métodos de tratamientos considerados se muestran en los cuadros que se muestran a continuación; debe tenerse en mente, que dichos niveles y métodos fueron seleccionados teniendo en cuenta la magnitud de la población de las diversas comunidades en el Área de Estudio.

Cuadro 27: Nivel de Tratamiento Seleccionado

Población por tamaño de comunidad	Calidad requerida del agua tratada (DBO mg/litro)	Nivel de tratamiento
Menos de 100	312.1	Nivel 0(sin sistema de drenaje)
100 a 1,499	150	Nivel 1
1,500 a 9,999	75	Nivel 2
10,000 a 49,999	50	Nivel 3
Mas de 50,000	30	Nivel 4

Cuadro 28: Método Tratamiento Seleccionado para las Aguas Residuales

Nivel de tratamiento	Habitantes por comunidad	Método de tratamiento
Nivel 1	100 a 1,499	Reactor anaeróbico + desinfección
Nivel 2	1,500 a 9,999	Reactor anaeróbico + filtro aerobio + desinfección
Nivel 3	10,000 a 49,999	Zanja de oxidación tipo carrusel + desinfección
Nivel 4	Más de 50,000	Lodos activados + desinfección

### 3.3.3 Selección de un Sistema Técnico Optimo para el Manejo de Aguas Residuales

Con el propósito de establecer que *“la descarga de la DBO proveniente de los residuos sólidos sea menor a 2,100 toneladas/año para el año 2015”* como un requerimiento mínimo, se evaluaron varios escenarios técnicos.

En consecuencia, el sistema técnico que se muestra en el siguiente cuadro fue seleccionado en mutuo acuerdo entre la Contraparte Mexicana y el Equipo de Estudio.

**Cuadro 29: Sistema Técnico Seleccionado para el MRS**

Sistema Técnico	Escenario 4
1. Reducción en la fuente	A través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio de la conducta de consumo a través de la educación ambiental
2. Recolección y Transporte	Entre 80 - 100% de la tasa recolección en dependencia del tamaño de la comunidad
3. Tratamiento Intermedio	Compostaje de residuos de jardinería
4. Disposición Final	Diferentes niveles de disposición dependiendo del tamaño de la comunidad

## 3.4 Plan Maestro

### 3.4.1 Conceptos Básicos

#### 3.4.1.1 Principio Guía, Objetivo Principal y Enfoque Básico

El Plan Maestro pretende integrar todos los esfuerzos del sector público, privado, residentes y visitantes bajo los siguientes valores compartidos.

a. **Principio Guía**

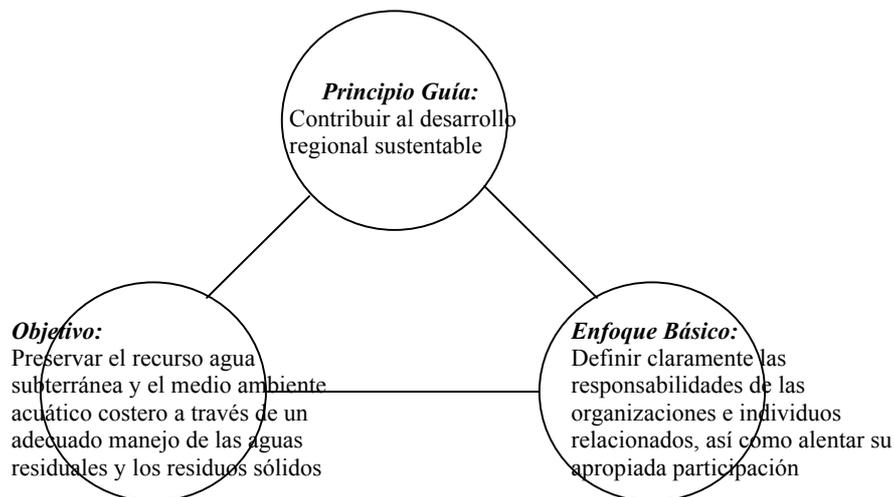
*Contribuir con el desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán.*

b. **Objetivo Principal**

*Preservar el recurso agua subterránea y el medio ambiente acuático en el sur del Estado de Quintana Roo, en otras palabras, en los municipios de Othón P Blanco, Felipe C. Puerto y Solidaridad, a través de un adecuado manejo de los residuos sólidos y aguas residuales.*

c. **Enfoques Básicos**

*Definir claramente las responsabilidades del sector público, privado, los residentes y los turistas, así como alentar su apropiada participación en el Manejo del Saneamiento Ambiental.*



### 3.4.1.2 Cifra Meta del Plan Maestro

La cifra meta del objetivo principal del Plan Maestro es:

***La cantidad de descarga de DBO proveniente de las aguas residuales y residuos sólidos deberá de ser menor de 5,200 ton/año para el año 2015, buscando controlar la concentración de DBO de las aguas subterráneas a 1.0 mg/litro y menos. Por sector estaría desglosado de la siguiente manera:***

***Menor a 3,100 ton/año de aguas residuales, y***

***Menor a 2,100 ton/año de residuos sólidos.***

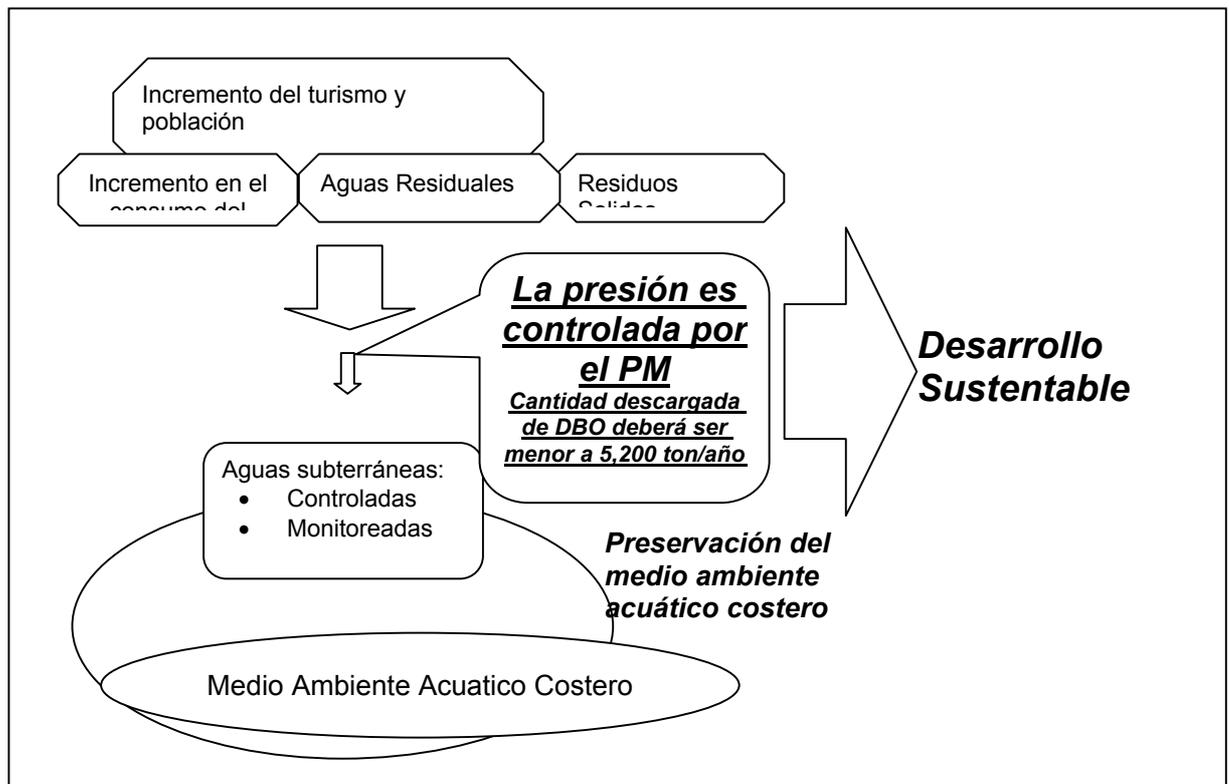


Figura 5: Cifra Meta del Plan Maestro

### 3.4.2 Plan Maestro de Aguas Residuales

#### 3.4.2.1 Objetivos, Cifras Metas, y Año Meta

##### a. Objetivo Principal y Cifra Meta

EL objetivo principal del Plan Maestro en lo relacionado al Manejo de Aguas Residuales (MAR) es:

*Preservar el recurso aguas subterráneas y el medio ambiente acuático en el área de estudio.*

La cifra Meta es;

*La cantidad descargada de DBO proveniente de aguas subterráneas sería de 3,100 ton/año en el 2015.*

##### b. Objetivos Particulares y Cifras Metas

Un Plan Maestro debería apuntar a lograr el objetivo principal, además, debería cumplir con el objetivo particular que se presenta a continuación y que es inherente al manejo de aguas residuales.

*Reducción en los riesgos a la salud de los residentes a través del empleo de tecnología adecuada.*

Con el fin de lograr el objetivo propuesto, se han establecido las cifras meta relacionados a la cobertura del servicio de alcantarillado y de la calidad del agua tratada, de la manera como se muestra en el Cuadro 30 y el Cuadro 31.

Cuadro 30: Cifras Meta para el Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales

Aspectos	Municipios	Actualmente	Obj. en el 2015
Número de conexiones	Othón P. Blanco	10,288	98,330
	Felipe Carrillo Puerto	114	14,562
	Solidaridad	1,770	107,059
Población con sistema de alcantarillado (base de población permanente)	Othón P. Blanco	37,044	413,971
	Felipe Carrillo Puerto	567	72,429
	Solidaridad	6,655	402,529
Proporción de cobertura para el sistema de alcantarillado (tubería de alcantarillado & tratamiento, base poblacional)	Othón P. Blanco	16.2%	99.7%
	Felipe Carrillo Puerto	0.9%	98.0%
	Solidaridad	4.7%	99.7%

Cuadro 31: Nivel de Tratamiento Meta según el Tamaño de la Población

Nivel de tratamiento	Tamaño de la comunidad	Objetivo en la calidad de agua tratada	
		BOD (mg/litro)	SS (mg/litro)
Nivel 1	100 a 1,499	150	125
Nivel 2	1,500 a 9,999	75	75
Nivel 3	10,000 a 49,999	50	50
Nivel 4	Más de 50,000	30	40

**c. Año Meta**

El año meta para el Plan Maestro es el siguiente: **Año 2015**

**3.4.2.2 Medidas Propuestas**

**a. Método de Tratamiento de Aguas Residuales**

Los métodos de tratamiento indicados en el Cuadro 32 se proponen para alcanzar los niveles de tratamiento sugeridos en el Cuadro 31.

Cuadro 32: Método de Tratamiento Propuesto

Nivel de tratamiento	Tamaño de la comunidad	Método de tratamiento
Nivel 1	100 a 1,499	Reactor anaeróbico + desinfección
Nivel 2	1,500 a 9,999	Reactor anaeróbico + filtro aeróbico + desinfección
Nivel 3	10,000 a 49,999	zanja de oxidación (tipo carrusel)+ desinfección
Nivel 4	Más de 50,000	Lodos activados + desinfección

**b. Plan de Manejo de Lodos**

El exceso de lodo se generará en grandes cantidades en el futuro junto con la expansión de tratamiento de las aguas residuales, por lo que deben tomarse ciertas medidas. El Cuadro 33 muestra la cantidad excedente de lodo a ser dispuesta con un contenido de agua de 85%.

Cuadro 33: Cantidad Requerida de Disposición de Lodos Excedentes

Unidad: m<sup>3</sup>/año

Año	OTHON P. BLANCO				FELIPE CARRILLO PUERTO			SOLIDARIDAD			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
2003	0	0	0	6,947	0	0	107	0	0	0	19,733
2004	0	0	0	6,947	0	0	107	0	0	0	19,733
2005	0	0	0	12,167	0	0	393	0	0	0	22,487
2006	133	487	1,367	16,600	0	0	700	0	0	1,613	27,540
2007	260	967	2,733	21,033	0	0	1,007	0	0	3,233	32,600
2008	393	1,453	4,100	25,467	0	0	1,313	0	0	4,847	37,653
2009	520	1,940	5,467	29,900	0	0	1,620	0	0	6,460	42,193
2010	1,173	2,420	6,827	34,340	327	440	1,927	173	0	8,073	47,767
2011	1,820	3,873	7,320	35,380	867	880	2,233	347	347	8,673	50,153
2012	2,473	5,327	7,807	36,420	1,413	1,313	2,547	520	693	9,267	52,547
2013	3,120	6,780	8,293	37,467	1,953	1,753	2,853	693	1,040	9,867	54,933
2014	3,773	8,233	8,780	38,507	2,500	2,193	3,160	947	1,387	10,460	57,320
2015	5,073	10,167	9,273	39,547	3,040	3,073	3,467	1,207	1,740	11,060	59,707
Total	18,740	41,647	61,967	340,720	10,100	9,653	21,433	3,887	5,207	73,553	524,367

Algunas medidas de disposición del exceso de lodos son los rellenos sanitarios, la deshidratación y la incineración. La deshidratación y la incineración requieren inversiones altas y tecnología sofisticada. Tales medidas no se consideran apropiadas para el Área de Estudio. Por consiguiente, es recomendable que el exceso de lodo deshidratado se disponga en el relleno sanitario.

### 3.4.2.3 Estimación de Costos

Los costos del Plan Maestro son los siguientes.

Cuadro 34: Costos Globales del Plan Maestro

unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Othón P. Blanco	7.382	276.593	60.320	186.677	193.609	199.550	66.678	98.409	102.773	91.251	109.209	128.425	1,520.876
Felipe C. Puerto	2.028	17.505	3.264	3.701	17.539	4.514	23.511	43.399	30.525	31.369	32.946	33.956	244.257
Solidaridad	165.711	186.520	56.711	338.476	62.655	209.531	199.490	64.701	62.171	64.418	69.171	58.874	1,538.429
Total	175.121	480.618	120.295	528.854	273.803	413.595	289.679	206.509	195.469	187.038	211.326	221.255	3,303.562

Cuadro 35: Costo del Plan Maestro en Othón P. Blanco

unidad: millones de pesos

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Tubería de alcantarillado														
Construcción	Nivel 1	0	0	2.546	2.452	2.388	2.344	11.419	12.651	10.447	10.296	11.734	21.356	87.633
	Nivel 2	0	0	10.61	8.912	2.026	12.523	2.266	18.467	21.638	12.345	19.323	23.171	131.281
	Nivel 3	0	10.491	10.491	10.491	10.491	10.491	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	0	71.255
	Nivel 4	0	0	14.169	14.241	14.241	14.241	3.647	3.647	3.647	3.647	3.647	0	75.127
	total	0	10.491	37.816	36.096	29.146	39.599	21.092	38.525	39.492	30.048	38.464	44.527	365.296
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0.076	0.074	0.072	0.07	0.343	0.38	0.313	0.309	0.352	0.641	0	2.63
	Nivel 2	0	0.318	0.267	0.061	0.376	0.068	0.554	0.649	0.37	0.58	0.695	0	3.938
	Nivel 3	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0	0	2.14
	Nivel 4	0	0.425	0.427	0.427	0.427	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0	0	2.251
	total	0.315	1.134	1.083	0.875	1.188	0.633	1.156	1.184	0.901	1.154	1.336	0	10.959
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.127	0.25	0.368	0.486	1.056	1.691	2.213	2.725	3.313	4.382	16.611
	Nivel 2	0	0	0.532	0.978	1.077	1.707	1.818	2.737	3.82	4.437	5.402	6.564	29.072
	Nivel 3	0	0	0.524	1.049	1.574	2.099	2.623	2.812	2.999	3.187	3.375	3.563	23.805
	Nivel 4	0.662	1.021	1.734	2.442	3.154	3.866	4.578	4.761	4.943	5.126	5.308	5.49	43.085
	total	0.662	1.021	2.917	4.719	6.173	8.158	10.075	12.001	13.975	15.475	17.398	19.999	112.573
Costo Global para la Tubería de alcantarillado		0.977	12.646	41.816	41.69	36.507	48.39	32.323	51.71	54.368	46.677	57.198	64.526	488.828
Instalación de tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0	0	2.15	2.071	2.019	1.98	9.645	10.687	8.825	8.698	9.912	18.042	74.029
	Nivel 2	0	0	4.071	5.178	1.177	7.276	1.316	10.728	12.571	7.172	11.226	13.462	74.177
	Nivel 3	0	38.561	0	38.561	0	38.561	0	0	0	0	0	0	115.683
	Nivel 4	0	215.68	0	81.431	134.25	81.431	0	0	0	0	0	0	512.789
	total	0	254.24	6.221	127.24	137.44	129.25	10.961	21.415	21.396	15.87	21.138	31.504	776.678
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0.065	0.062	0.061	0.059	0.289	0.321	0.265	0.261	0.297	0.541	0	2.221
	Nivel 2	0	0.122	0.155	0.035	0.218	0.039	0.322	0.377	0.215	0.337	0.404	0	2.224
	Nivel 3	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0	0	0	0	0	0	3.468
	Nivel 4	3.235	3.235	1.221	3.235	2.014	1.221	0	0	0	0	0	0	14.161
	total	3.813	4	2.016	3.909	2.869	2.127	0.643	0.642	0.476	0.634	0.945	0	22.074
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.107	0.211	0.311	0.411	0.892	1.429	1.869	2.302	2.798	3.701	14.031
	Nivel 2	0	0	0.3	0.553	0.608	0.964	1.027	1.547	2.159	2.507	3.052	3.709	16.426
	Nivel 3	0	0	1.44	1.993	2.411	2.759	3.064	3.166	3.265	3.361	3.453	3.543	28.455
	Nivel 4	1.799	4.338	6.338	8.267	9.977	11.409	12.796	13.12	13.442	13.762	14.08	14.396	123.724
	total	1.799	4.338	8.185	11.024	13.307	15.543	17.779	19.262	20.735	21.932	23.383	25.349	182.636
Costo Global para las Instalaciones de tratamiento		5.612	262.58	16.422	142.17	153.62	146.92	29.383	41.319	42.607	38.436	45.466	56.853	981.388
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0	0	0.016	0.032	0.047	0.062	0.135	0.216	0.282	0.348	0.422	0.558	2.118
	Nivel 2	0.029	0.031	0.09	0.166	0.183	0.29	0.309	0.467	0.651	0.757	0.921	1.118	5.012
	Nivel 3	0	0	0.15	0.301	0.451	0.601	0.751	0.805	0.859	0.912	0.966	1.02	6.816
	Nivel 4	0.764	1.338	1.826	2.314	2.801	3.289	3.777	3.892	4.006	4.121	4.236	4.35	36.714
	total	0.793	1.369	2.082	2.813	3.482	4.242	4.972	5.38	5.798	6.138	6.545	7.046	50.66
General														
Tubería de alcantarilla		0.977	12.646	41.816	41.69	36.507	48.39	32.323	51.71	54.368	46.677	57.198	64.526	488.828
Instalación de tratamiento		5.612	262.58	16.422	142.17	153.62	146.92	29.383	41.319	42.607	38.436	45.466	56.853	981.388
Manejo de lodos		0.793	1.369	2.082	2.813	3.482	4.242	4.972	5.38	5.798	6.138	6.545	7.046	50.66
Costo Global Total		7.382	276.59	60.32	186.68	193.61	199.55	66.678	98.409	102.77	91.251	109.21	128.43	1,520.88

Cuadro 36: Costos del Plan Maestro en Felipe C Puerto

unidad: millones de pesos

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Tubería de alcantarillado														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	5.444	11.974	7.827	9.188	9.476	8.605	52.514
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	1.637	0.015	1.625	0.944	0.863	1.774	6.858
	Nivel 3	1.584	3.219	2.274	2.248	2.274	2.274	2.248	2.274	2.274	2.248	2.274	0	25.191
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	1.584	3.219	2.274	2.248	2.274	2.274	2.274	9.329	14.263	11.726	12.38	12.613	10.379
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.163	0.359	0.235	0.276	0.284	0.258	0	1.575
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0.049	0	0.049	0.028	0.026	0.053	0	0.205
	Nivel 3	0.097	0.068	0.067	0.068	0.068	0.067	0.068	0.068	0.067	0.068	0	0	0.706
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.097	0.068	0.067	0.068	0.068	0.279	0.427	0.352	0.371	0.378	0.311	0	2.486
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	0.273	0.872	1.263	1.722	2.195	2.626	8.951
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.082	0.083	0.164	0.211	0.254	0.343	1.137
	Nivel 3	0.018	0.097	0.258	0.372	0.484	0.598	0.712	0.824	0.938	1.052	1.164	1.278	7.795
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.018	0.097	0.258	0.372	0.484	0.598	1.067	1.779	2.365	2.985	3.613	4.247	17.883
Costo global para la tubería de alcantarillado		1.699	3.384	2.599	2.688	2.826	3.151	10.823	16.394	14.462	15.743	16.537	14.626	104.932
Instalación de tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	4.689	10.311	6.74	7.913	8.16	7.41	45.223
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	5.69	0.053	5.65	3.283	2.999	6.168	23.843
	Nivel 3	0	13.574	0	0	13.574	0	0	13.574	0	0	0	0	40.722
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0	13.574	0	0	13.574	0	10.379	23.938	12.39	11.196	11.159	13.578	109.788
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.141	0.309	0.202	0.237	0.245	0.222	0	1.356
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0.171	0.002	0.17	0.098	0.09	0.185	0	0.716
	Nivel 3	0.204	0.204	0	0.204	0.204	0	0.204	0.204	0	0	0	0	1.224
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.204	0.204	0	0.204	0.204	0.312	0.515	0.576	0.335	0.335	0.407	0	3.296
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	0.235	0.751	1.088	1.483	1.89	2.261	7.708
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.285	0.287	0.57	0.734	0.883	1.192	3.951
	Nivel 3	0.113	0.3	0.588	0.698	0.791	0.873	0.947	1.015	1.078	1.137	1.193	1.246	9.979
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.113	0.3	0.588	0.698	0.791	0.873	1.467	2.053	2.736	3.354	3.966	4.699	21.638
Costo Global para las Instalaciones de tratamiento		0.317	14.078	0.588	0.902	14.569	1.185	12.361	26.567	15.461	14.885	15.532	18.277	134.722
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	0.034	0.111	0.161	0.219	0.279	0.334	1.138
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.081	0.081	0.161	0.208	0.25	0.338	1.119
	Nivel 3	0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.212	0.246	0.28	0.314	0.348	0.381	2.346
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.327	0.438	0.602	0.741	0.877	1.053	4.603
General														
Tubería de alcantarilla		1.699	3.384	2.599	2.688	2.826	3.151	10.823	16.394	14.462	15.743	16.537	14.626	104.932
Instalación de tratamiento		0.317	14.078	0.588	0.902	14.569	1.185	12.361	26.567	15.461	14.885	15.532	18.277	134.722
Manejo de lodos		0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.327	0.438	0.602	0.741	0.877	1.053	4.603
Costo Global Total		2.028	17.505	3.264	3.701	17.539	4.514	23.511	43.399	30.525	31.369	32.946	33.956	244.257

Cuadro 37: Costos del Plan Maestro en Solidaridad

unidad: millones de pesos

Aspecto	Level	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Tubería de alcantarillado														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	3.395	3.358	3.016	3.085	2.954	3.878	19.686
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0	0.867	0.045	0.045	0.708	0.594	2.259
	Nivel 3	0	11.438	11.438	11.438	11.438	11.438	4.174	4.174	4.174	4.174	4.174	0	78.06
	Nivel 4	9.38	20.291	20.383	20.383	18.498	22.176	9.186	9.186	9.186	9.186	9.186	0	157.041
	total	9.38	31.729	31.821	31.821	29.936	33.614	16.755	17.585	16.421	16.49	17.022	4.472	257.046
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.102	0.101	0.09	0.093	0.089	0.116	0	0.591
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.026	0.001	0.001	0.021	0.018	0	0.067
	Nivel 3	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0	0	2.345
	Nivel 4	0.608	0.611	0.611	0.555	0.665	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0	0	4.43
	total	0.951	0.954	0.954	0.898	1.008	0.504	0.529	0.493	0.496	0.512	0.134	0	7.433
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.05	0.052	0.053	0.055	0.216	0.374	0.516	0.661	0.801	0.984	3.762
	Nivel 2	0	0	0.019	0.021	0.024	0.026	0.028	0.061	0.062	0.064	0.091	0.113	0.509
	Nivel 3	0	0	0.572	1.144	1.716	2.287	2.859	3.068	3.277	3.486	3.694	3.903	26.006
	Nivel 4	3.63	4.099	5.114	6.133	7.152	8.077	9.186	9.644	10.104	10.563	11.023	11.482	96.207
	total	3.63	4.099	5.755	7.35	8.945	10.445	12.289	13.147	13.959	14.774	15.609	16.482	126.484
Costo Global para la Tubería de alcantarillado		13.961	36.782	38.53	40.069	39.889	44.563	29.573	31.225	30.876	31.776	32.765	20.954	390.963
Instalación de tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	2.8	2.767	2.487	2.543	2.435	3.198	16.23
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0	3.301	0.172	0.171	2.696	2.262	8.602
	Nivel 3	0	38.734	0	38.734	0	38.734	0	0	0	0	0	0	116.202
	Nivel 4	138.94	98.931	0	237.87	0	98.931	138.94	0	0	0	0	0	713.598
	total	138.94	137.67	0	276.6	0	137.67	141.74	6.068	2.659	2.714	5.131	5.46	854.632
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.084	0.083	0.075	0.076	0.073	0.096	0	0.487
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0.099	0.005	0.005	0.081	0.068	0	0	0.258
	Nivel 3	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0	0	0	0	0	0	3.486
	Nivel 4	3.568	1.484	3.568	3.568	1.484	3.568	2.084	0	0	0	0	0	19.324
	total	4.149	2.065	4.149	4.149	2.065	4.233	2.266	0.08	0.081	0.154	0.164	0	23.555
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.041	0.043	0.044	0.045	0.178	0.308	0.425	0.545	0.661	0.812	3.102
	Nivel 2	0	0	0.071	0.08	0.09	0.098	0.108	0.231	0.238	0.244	0.345	0.43	1.935
	Nivel 3	0	0	1.24	1.717	2.077	2.377	2.639	2.726	2.809	2.888	2.966	3.041	24.48
	Nivel 4	6.47	7.506	9.443	11.841	13.777	15.157	16.783	17.461	18.132	18.796	19.455	20.11	174.931
	total	6.47	7.506	10.795	13.681	15.988	17.677	19.708	20.726	21.604	22.473	23.427	24.393	204.448
Costo Global para las Instalaciones de tratamiento		149.55	147.24	14.944	294.43	18.053	159.58	163.71	26.874	24.344	25.341	28.722	29.853	1,082.64
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.029	0.051	0.07	0.089	0.108	0.133	0.522
	Nivel 2	0.018	0.021	0.024	0.028	0.031	0.034	0.037	0.08	0.082	0.084	0.12	0.149	0.708
	Nivel 3	0	0	0.177	0.356	0.533	0.711	0.888	0.954	1.019	1.085	1.151	1.217	8.091
	Nivel 4	2.171	2.474	3.029	3.586	4.142	4.641	5.254	5.517	5.78	6.043	6.305	6.568	55.51
	total	2.196	2.502	3.237	3.977	4.713	5.393	6.208	6.602	6.951	7.301	7.684	8.067	64.831
General														
Tubería de alcantarilla		13.961	36.782	38.53	40.069	39.889	44.563	29.573	31.225	30.876	31.776	32.765	20.954	390.963
Instalación de tratamiento		149.55	147.24	14.944	294.43	18.053	159.58	163.71	26.874	24.344	25.341	28.722	29.853	1,082.64
Manejo de lodos		2.196	2.502	3.237	3.977	4.713	5.393	6.208	6.602	6.951	7.301	7.684	8.067	64.831
Costo Global Total		165.71	186.52	56.711	338.48	62.655	209.53	199.49	64.701	62.171	64.418	69.171	58.874	1,538.43

### 3.4.2.4 Análisis y Plan Financiero

#### a. Análisis Financiero

#### a.1 Ingresos y Costos

Las posibles fuentes de ingresos que fueron consideradas para el tratamiento de aguas residuales fueron (1) cargos por servicios derivados del tratamiento de aguas residuales, (2) excedentes por el ingreso derivado del abastecimiento de agua potable, y (3) contribución de la industria del turismo. El ingreso fue estimado con base en el número de residentes más el número de turistas y su período de estadía o visita (“turista/día”), su consumo de agua, y su generación de aguas residuales.

De acuerdo a CAPA, el ingreso por metro cúbico de tratamiento de aguas residuales es 1.42 pesos. Los cobros por servicio proveído en el sector agua residual pueden ser obtenidos al multiplicar el ingreso por metro cúbico por la generación de aguas residuales.

Con el propósito de estimar el excedente de ingresos derivados del abastecimiento de agua, como segunda fuente de ingresos dentro el Plan Maestro para Aguas Residuales, los costos de producción de agua potable fueron estimados entre 90% y 95% del ingreso neto por abastecimiento de agua. De acuerdo a CAPA, el ingreso por abastecimiento de agua por metro cúbico es 7.11 pesos.

Como tercera fuente de ingresos para la implementación del Plan Maestro para Aguas Residuales, se supuso que la industria del turismo compartía los costos del Plan en correspondencia con el consumo de agua de los turistas.

La estimación de ingresos de las tres fuentes que fueron consideradas en este análisis resultó en el siguiente cuadro que muestra los posibles niveles de ingresos en relación con el costo del Plan Maestro para Aguas Residuales.

Cuadro 38: Ingresos por Fuente y Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales por Municipio

Unidad: Millones de Pesos

Fuentes de ingresos	OPB	FCP	SOL	Área de Estudio
Ingresos por Derechos de Aguas Residuales	1,170.07	130.75	2,847.86	4,148.67
Excedente de Ingresos de Agua Abastecida (Gastos = 90% de los ingresos brutos)	176.93	18.23	439.16	634.31
Excedente de Ingresos de Agua Abastecida (Gastos = 95% de los ingresos brutos)	88.46	9.11	219.58	317.16
Participación de la Industria Turística en el Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales	34.41	0	142.37	176.78
Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales	1,521.00	244.20	1,538.50	3,303.70

## a.2 Balance Financiero del Plan Maestro para Aguas Residuales

El balance financiero resultante de la diferencia entre los ingresos y costos del Plan Maestro de Aguas Residuales presentó una gran variación dependiendo del Municipio en el Área de Estudio, lo cual equivaldría a decir que el número proyectado de turistas presentó una gran diferencia entre los tres Municipios. La gran afluencia de turistas prevista para el Municipio de Solidaridad hizo que el balance financiero fuese positivo no solamente para el Municipio, sino que el excedente resultante fue suficiente para cubrir el déficit financiero que se estima ocurriría en Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, y producir un excedente financiero para el Plan Maestro de Aguas Residuales en el Área de Estudio, como se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro 39: Balance Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Balance Financiero	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Balance Financiero con Ingresos por Derechos de Aguas Residuales	-350.93	-113.45	1,309.36	844.97
Balance Financiero con todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento = 90% de ingresos brutos)	-139.59	-95.23	1,890.88	1,656.07
Balance Financiero con todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento = 95% de ingresos brutos)	-228.05	-104.34	1,671.30	1,389.77

El Cuadro precedente muestra que el balance financiero estimado sería negativo en Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto bajo los tres supuestos para la estimación de los ingresos: solamente derechos del servicio de aguas residuales, y todas las fuentes de ingresos incluyendo los derechos del servicio de aguas residuales, el excedente de ingresos del abastecimiento de aguas (suponiendo que los costos constituyeron el 90% y el 95% de los ingresos brutos), y la participación de la industria turística en el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales.

## a.3 Índices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales

El flujo de ingresos y costos del Plan Maestro de Aguas Residuales por el período del Plan Maestro fue examinado con respecto a la viabilidad financiera utilizando los siguientes índices: tasa interna de retorno financiera (TIRF), valor presente neto (VPN) calculado con tasa de descuento del 10%, y la relación beneficio costo (B/C) también calculado con tasa de descuento del 10%, como se indica en el siguiente Cuadro.

Cuadro 40: Índices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales

Fuentes de Ingresos e Índices	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Derechos de Aguas Residuales				
TIRF (%)			20.18	8.35
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	331.45	-84.84
B/C 10%			1.34	0.96
Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento =90% de ingresos brutos)				
TIRF (%)			32.76	17.12
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	644.72	343.79
B/C 10%			1.67	1.18
Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento =95% de ingresos brutos)				
TIRF (%)	No aplicable	No aplicable	28.66	14.62
VPN10% (Millones de Pesos)			537.06	220.13
B/C 10%			1.56	1.11

#### b. Plan Financiero

Como se indicaron en las discusiones previas, Solidaridad y el Área de Estudio tendrían ingresos suficientes para cubrir el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales. Por otra parte, Othón P. Blanco necesitaría alrededor de 614 Millones de Pesos y Felipe Carrillo Puerto alrededor de 98 Millones de Pesos en fondos adicionales para cubrir el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales en sus respectivos Municipios. Othón P. Blanco necesitaría los fondos adicionales hasta el 2009 mientras que se estiman que presentaría excedentes entre el 2010 y el 2015. Felipe Carrillo Puerto, por el contrario, necesitaría de estos fondos hasta el 2014.

Como ya se ha mencionado, estos fondos adicionales requeridos en OPB y FCP podrían ser cubiertos con los excedentes que se estiman en Solidaridad, Municipio que a pesar de los ingresos propios deficitarios en 2004, 2005 y 2007 se estima que presentaría excedentes de alrededor de 1,890 Millones de Pesos durante el período del Plan Maestro.

En el siguiente cuadro se muestran detalles sobre costos y fuentes de ingresos por municipio y por año.

Cuadro 41: Othón P Blanco: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	7.4	276.6	60.3	186.7	193.6	199.6	66.7	98.4	102.8	91.3	109.2	128.4	1,521.0
Ingresos	8.7	276.6	60.3	186.7	193.6	199.6	137.8	160.1	173.8	184.6	198.2	215.4	1,381.4
Derechos	5.5	11.9	25.1	43.5	59.7	87.3	119.8	140.2	152.3	162.0	173.8	189.0	1,170.1
Abastec agua	2.8	4.8	7.2	9.7	11.9	14.6	17.1	18.7	20.3	21.6	23.2	25.2	176.9
Industria turist	0.4	13.6	2.0	4.6	3.8	3.3	0.9	1.3	1.2	1.0	1.1	1.2	34.4
Otras fuentes	0.0	246.4	26.0	129.0	118.1	94.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	614.0
Balance	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.1	61.7	71.0	93.3	89.0	87.0	474.5

Cuadro 42: Felipe C Puerto: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	2.0	17.5	3.3	3.7	17.5	4.5	23.5	43.4	30.5	31.4	32.9	34.0	244.2
Ingresos	2.0	17.5	3.3	3.7	17.5	4.5	23.5	43.4	30.5	31.4	32.9	36.7	149.0
Derechos	0.1	0.4	0.9	1.7	2.5	3.7	8.5	13.0	18.1	22.5	26.9	32.4	130.7
Abastec agua	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1.2	1.7	2.4	3.0	3.6	4.3	18.2
Industria turist	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otras fuentes	1.9	17.0	2.1	1.6	14.5	0.2	13.7	28.7	10.0	5.9	2.4	0.0	98.0
Balance	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.9

Cuadro 43: Solidaridad: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	165.7	186.5	56.7	338.5	62.7	209.5	199.5	64.7	62.2	64.4	69.2	58.9	1,538.5
Ingresos	62.9	78.5	96.8	170.4	186.6	262.7	343.9	386.0	416.1	443.2	473.8	508.5	3,429.4
Derechos	23.7	37.5	70.4	113.9	151.3	212.1	289.7	337.0	363.9	387.8	414.7	445.9	2,847.9
Abastec agua	11.9	15.0	20.1	25.3	30.3	35.4	41.4	44.9	48.5	51.7	55.3	59.5	439.2
Industria turist	27.3	26.0	6.3	31.3	5.1	15.2	12.9	4.0	3.7	3.7	3.8	3.1	142.4
Otras fuentes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Balance	-102.8	-108.0	40.1	-168.1	123.9	53.2	144.4	321.3	353.9	378.8	404.6	449.6	1,890.9

Cuadro 44: Área de Estudio: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	175.1	480.6	120.3	528.9	273.8	413.6	289.7	206.5	195.5	187.1	211.3	221.3	3,303.7
Ingresos	73.6	372.6	160.4	360.9	397.7	466.8	505.2	589.5	620.3	659.3	704.9	760.6	4,959.8
Derechos	29.3	49.7	96.5	159.1	213.5	303.1	418.0	490.2	534.2	572.4	615.4	667.3	4,148.7
Abastec agua	14.7	19.9	27.6	35.4	42.7	50.5	59.7	65.4	71.2	76.3	82.1	89.0	634.3
Industria turist	27.7	39.6	8.2	35.8	8.9	18.5	13.8	5.3	4.9	4.7	5.0	4.4	176.8
Otras fuentes	1.9	263.4	28.1	130.6	132.6	94.7	13.7	28.7	10.0	5.9	2.4	0.0	712.0
Balance	-101.5	-108.0	40.1	-168.0	123.9	53.2	215.5	383.0	424.8	472.2	493.6	539.3	2,368.1

### 3.4.2.5 Programa de Implementación

El orden en la implementación de los trabajos debería decidirse tomando en consideración la efectividad de costos. El Cuadro 45 muestra los costos por tonelada de la cantidad eliminada de DBO. De acuerdo con el cuadro, se encuentra que los trabajos de implementación en Solidaridad son los más efectivos en términos de costos; subsecuentemente, Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, desde el aspecto de nivel de tratamiento, el nivel 4 es el más efectivo en costos; subsecuentemente los niveles 3, 2 y 1. El Cuadro 46, el Cuadro 47, el Cuadro 48, y el Cuadro 49 muestran tasas de cumplimiento en cada uno de los municipios y en los niveles de tratamiento que han sido establecidos con base en la efectividad de costos.

Cuadro 45: Costo Unitario de Inversión para Eliminar DBO (2004 al 2015)

Nivel	Inversión total	Cantidad a eliminar de DBO (ton)	Costo Unitario de Inversión para eliminar DBO(pesos/ton)
<b>Othón P Blanco</b>			
Nivel 1	166.513	1,960.8	84,921
Nivel 2	211.62	4,996.0	42,358
Nivel 3	192.546	6,752.6	28,514
Nivel 4	604.328	37,119.5	16,281
Total	1,175.007	50,828.9	23,117
<b>Felipe C Puerto</b>			
Nivel 1	100.668	1,056.0	95,330
Nivel 2	31.622	1,115.3	28,353
Nivel 3	67.843	2,323.6	29,197
Total	200.133	4,494.9	44,524
<b>Solidaridad</b>			
Nivel 1	36.994	482.4	76,687
Nivel 2	11.186	705.5	15,855
Nivel 3	200.093	8,015.6	24,963
Nivel 4	894.393	56,121.2	15,937
Total	1,142.666	65,324.7	17,492

Cuadro 46: Tasa de Cumplimiento en Toda el Área de Estudio

Año	Cantidad de tratamiento meta (m <sup>3</sup> /día)					Tasa de Cumplimiento				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	nivel 4	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total
2003	91.0	472.3	115.7	27,934.1	28,613.1	0.6%	2.7%	0.4%	26.9%	17.5%
2004	94.3	524.2	115.7	27,934.1	28,668.3	0.6%	2.9%	0.4%	26.9%	17.6%
2005	97.7	575.3	432.0	36,279.4	37,384.4	0.6%	3.2%	1.6%	34.9%	22.9%
2006	341.5	1,273.1	4,055.0	46,216.9	51,886.5	2.2%	7.1%	15.5%	44.5%	31.8%
2007	576.4	2,152.7	7,678.0	56,154.4	66,561.5	3.8%	12.1%	29.3%	54.0%	40.8%
2008	805.4	2,381.0	11,301.0	66,091.9	80,579.3	5.3%	13.4%	43.1%	63.6%	49.4%
2009	1,030.1	3,598.8	14,924.0	75,489.9	95,042.8	6.8%	20.2%	56.9%	72.6%	58.2%
2010	2,945.2	4,743.7	18,546.6	85,966.7	112,202.2	19.4%	26.6%	70.7%	82.7%	68.8%
2011	5,590.4	6,971.7	20,080.4	89,558.8	122,201.3	36.7%	39.1%	76.6%	86.2%	74.9%
2012	7,603.1	9,930.2	21,614.2	93,150.9	132,298.4	50.0%	55.8%	82.4%	89.6%	81.1%
2013	9,736.8	11,637.8	23,148.0	96,743.0	141,265.6	64.0%	65.4%	88.3%	93.1%	86.6%
2014	12,021.0	14,323.0	24,681.8	100,335.1	151,360.9	79.0%	80.4%	94.1%	96.5%	92.8%
2015	15,220.1	17,807.9	26,215.8	103,927.7	163,171.5	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Cuadro 47: Tasa de Cumplimiento en Othón P. Blanco

Año	Cantidad de tratamiento meta (m <sup>3</sup> /día)					Tasa de cumplimiento				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	nivel 4	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total
2003	0	314.7	0	7,273	7,587	0.0%	2.5%	0.0%	17.6%	10.5%
2004	0	327.7	0	7,273	7,600	0.0%	2.6%	0.0%	17.6%	10.5%
2005	0	340.5	0	12,737	13,078	0.0%	2.7%	0.0%	30.8%	18.1%
2006	240.6	1,003.0	1504.9	17,380	20,129	2.9%	8.1%	14.7%	42.0%	27.8%
2007	472.4	1,845.6	3009.8	22,023	27,351	5.7%	14.9%	29.5%	53.2%	37.8%
2008	698.3	2,037.1	4514.7	26,666	33,916	8.4%	16.4%	44.2%	64.4%	46.9%
2009	919.9	3,221.0	6019.6	31,309	41,470	11.1%	26.0%	58.9%	75.6%	57.3%
2010	1,999.3	3,435.1	7524.4	35,953	48,911	24.1%	27.7%	73.7%	86.8%	67.6%
2011	3,195.3	5,180.8	8062.5	37,044	53,483	38.6%	41.7%	78.9%	89.5%	74.0%
2012	4,182.9	7,226.4	8600.6	38,135	58,145	50.5%	58.2%	84.2%	92.1%	80.4%
2013	5,156.3	8,393.4	9138.7	39,227	61,915	62.2%	67.6%	89.5%	94.7%	85.6%
2014	6,265.5	10,220.1	9676.8	40,318	66,481	75.6%	82.3%	94.7%	97.4%	91.9%
2015	8,284.5	12,410.6	10214.9	41,410	72,320	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Cuadro 48: Tasa de Cumplimiento en Felipe Carrillo Puerto

Año	Cantidad de tratamiento meta (m <sup>3</sup> /día)				Tasa de Cumplimiento			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
2003	0.0	0.0	115.7	115.7	0.0%	0.0%	3.0%	0.9%
2004	0.0	0.0	115.7	115.7	0.0%	0.0%	3.0%	0.9%
2005	0.0	0.0	432.0	432.0	0.0%	0.0%	11.3%	3.4%
2006	0.0	0.0	770.6	770.6	0.0%	0.0%	20.2%	6.1%
2007	0.0	0.0	1,109.2	1,109.2	0.0%	0.0%	29.1%	8.9%
2008	0.0	0.0	1,447.8	1,447.8	0.0%	0.0%	37.9%	11.6%
2009	0.0	0.0	1,786.4	1,786.4	0.0%	0.0%	46.8%	14.3%
2010	514.7	894.4	2,125.0	3,534.1	10.4%	23.9%	55.7%	28.2%
2011	1,646.6	902.7	2,463.6	5,012.9	33.2%	24.1%	64.5%	40.0%
2012	2,386.5	1,790.9	2,802.2	6,979.6	48.1%	47.8%	73.4%	55.7%
2013	3,255.2	2,306.9	3,140.8	8,702.9	65.6%	61.6%	82.3%	69.5%
2014	4,151.0	2,778.3	3,479.4	10,408.7	83.6%	74.1%	91.1%	83.1%
2015	4,964.4	3,747.9	3,817.9	12,530.2	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Cuadro 49: Tasa de Cumplimiento en Solidaridad

Año	(m <sup>3</sup> /día)					Tasa de Cumplimiento				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total
2003	91.0	157.6	0.0	20,661.5	20,910.1	4.6%	9.6%	0.0%	33.0%	26.7%
2004	94.3	196.5	0.0	20,661.5	20,952.3	4.8%	11.9%	0.0%	33.0%	26.8%
2005	97.7	234.8	0.0	23,542.4	23,874.9	5.0%	14.2%	0.0%	37.7%	30.5%
2006	100.9	270.1	1,779.5	28,836.8	30,987.3	5.1%	16.4%	14.6%	46.1%	39.6%
2007	104.0	307.1	3,559.0	34,131.2	38,101.3	5.3%	18.6%	29.2%	54.6%	48.6%
2008	107.1	343.9	5,338.5	39,425.6	45,215.1	5.4%	20.9%	43.8%	63.1%	57.7%
2009	110.2	377.8	7,118.0	44,180.5	51,786.5	5.6%	22.9%	58.4%	70.7%	66.1%
2010	431.2	414.2	8,897.2	50,014.2	59,756.8	21.9%	25.1%	73.0%	80.0%	76.3%
2011	748.5	888.2	9,554.3	52,514.9	63,705.9	38.0%	53.8%	78.4%	84.0%	81.3%
2012	1,033.7	912.9	10,211.4	55,015.6	67,173.6	52.4%	55.3%	83.8%	88.0%	85.8%
2013	1,325.3	937.5	10,868.5	57,516.3	70,647.6	67.2%	56.8%	89.2%	92.0%	90.2%
2014	1,604.5	1,324.6	11,525.6	60,017.0	74,471.7	81.4%	80.3%	94.6%	96.0%	95.1%
2015	1,971.2	1,649.4	12,183.0	62,517.8	78,321.4	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

### 3.4.3 Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

#### 3.4.3.1 Objetivos, Cifras Meta y Año Meta

##### a. Objetivo Principal y Cifras Meta

El principal objetivo del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos es:

*Preservar el recurso agua subterránea y el medio ambiente acuático costero en el área de estudio*

La cifra meta establecida es:

*La cantidad de descarga de DBO que es originada por los residuos sólidos debe ser menor a 2,100 ton/año para el año 2015.*

##### b. Objetivos Particulares y Cifras Metas

El Plan Maestro apunta hacia el logro del objetivo principal, asimismo tiene la finalidad de cumplir con los siguientes roles para el manejo de los residuos sólidos.

- **Proveer de un medio ambiente habitable higiénico:** a través de la remoción de los desechos de las casas y comunidades (recolección de los residuos)
- **Mitigar el impacto medio ambiental originado por los residuos:** a través de una apropiada disposición de los residuos recolectados (una apropiada disposición)
- **Conservación de los recursos:** a través de la contribución del establecimiento de una sociedad orientada hacia el reciclaje utilizando la reducción y el reciclaje, etc. (reducción en las fuentes de origen de los residuos).

El siguiente cuadro muestra los valores meta de los objetivos particulares por municipio:

Cuadro 50: Valores Meta del Plan Maestro para el MRS (por Municipios)

Aspectos	Presente	Objetivos Particulares para el 2015	
Tasa de Minimización de Residuos	0	Área de Estudio: 23% OPB: 23% FCP: 23% SOL: 24%	
Tasa de Recolección (): incluye la cifra para el área rural	Área de Estudio: 75% (61%) OPB: 72% (57%) FCP: 29% (18%) SOL: 88% (82%)	Área de Estudio: 99% (86%) OPB: 99% (82%) FCP: 87% (49%) SOL: 100% (95%)	
Nivel de Disposición	OPB: Descarga a cielo abierto y controlada FCP: Descarga a cielo abierto SOL: Descarga a cielo abierto y relleno sanitario con control de gas	Población 2,500 - 7,999: 8,000 - 34,999: 34,999 - 99,999: 100,000 y más:	Nivel de Disposición Descarga controlada Botadero cercado Relleno con control de gas Relleno sanitario con control de lixiviados

OPB, Othon P Blanco; FCP, Felipe C Puerto, SOL, Solidaridad

Las cifras meta también han sido establecidas por grupos urbanos. El Cuadro 51 muestra las comunidades que pertenecen a dichos grupos. El Cuadro 52 muestra las cifras meta establecidas para cada grupo urbano. El Cuadro 53 muestra los componentes de la minimización de residuos.

Cuadro 51: Grupos Urbanos

G Urbano	Municipio	Comunidad
1	OPB	CALDERITAS, CHETUMAL, XUL-HA
2	OPB	ALVARO OBREGON, INGENIO ALVARO OBREGON, SERGIO BUTRON CASAS
3	OPB	NICOLAS BRAVO
4	OPB	BACALAR, LIMONES, MAYA BALAM
5	OPB	MAHAHUAL, PUNTA PULTICUB, XAHUACHOL, XCALAK
6	FCP	FELIPE CARRILLO PUERTO, SENOR
7	FCP	CHUNHUHUB
8	FCP	TEPICH, TIHOSUCO
9	SOL	CIUDAD CHEMUYIL, NUEVO AKUMAL, PLAYA DEL CARMEN, TULUM
10	SOL	COBA

Cuadro 52: Las Cifras Meta del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos por Grupo Urbano

Grupo Urbano	Población		Minimización de Residuos		Tasa de Recolección		Nivel de Disposición	
	2003	2015	2003	2015	2003	2015	2003	2015
1	137,355	172,488	0.0%	25%	90%	100%	Descarga Controlada	Relleno Sanitario con control de lixiviados
2	9,558	12,474	0.0%	15%	0%	90%	Tiradero Abierto	Tiradero cercado
3	3,893	4,854	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Descarga controlada
4	19,106	43,418	0.0%	15%	0%	95%	Tiradero Abierto	Relleno sanitario con control de gas
5	626	108,215	0.0%	25%	0%	100%	Tiradero Abierto	Relleno Sanitario con control de lixiviados
6	21,784	25,009	0.0%	15%	44%	90%	Tiradero Abierto	Tiradero cercado
7	4,582	5,410	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Tiradero controlado
8	6,659	7,854	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Tiradero Controlado
9	128,061	379,664	0.0%	25%	89%	100%	Relleno Sanitario con control de Gas	Relleno Sanitario con control de lixiviados
10	1,704	3,000	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Tiradero controlado
Total	333,328	762,386	-	-	-	-	-	-

Cuadro 53: Tasa de Minimización de Residuos para el Plan Maestro de MRS

Grupo Urbano	Población para el	Tasa de Minimización		Métodos
	2015	Reducción en la Fuente	Compostaje	
1	172,488	15%	10%	Educación ambiental, compostaje de patio, compostaje de residuos de poda
2	12,474	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
3	4,854	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
4	43,418	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
5	108,215	15%	10%	Educación ambiental, compostaje de patio, compostaje de la poda
6	25,009	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
7	5,410	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
8	7,854	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
9	379,664	15%	10%	Educación ambiental, compostaje de patio
10	3,000	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio, compostaje de la poda
Total	762,386	-	-	-

**c. Año Meta**

El año meta para el Plan Maestro ha sido establecido de la siguiente manera:

***Plan Maestro: año 2015***

Las acciones estratégicas que ayudarán a conseguir los objetivos deberán de ser, en la práctica, introducidos paso a paso hasta alcanzar el año meta 2015. Se recomienda dividir el periodo hasta alcanzar el año meta en tres fases.

***Fase 1: Mejoramiento a corto plazo (2004 al 2007)***  
***Fase 2: Mejoramiento a mediano plazo (2008 al 2011)***  
***Fase 3: Mejoramiento a largo plazo (2012 al 2015)***

### 3.4.3.2 Estrategias

Se definen los siguientes ocho puntos como estrategias para lograr las metas.

1. *Enfoque en el área urbana*
2. *Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes*
3. *Introducción y promoción de la minimización de residuos*
4. *Auto-suficiencia Financiera*
5. *Cooperación entre los tres niveles de gobierno*
6. *Desarrollo de un sistema legal*
7. *Fortalecimiento de los cuerpos ejecutores para el MRS*
8. *Establecimiento de un nuevo sistema para el MRS en Costa Maya*

#### 1. Enfoque en el área urbana

La mayoría de la población se concentra en sólo algunas comunidades, aunque existen cientos de ellas en el área de estudio; de hecho, solamente 24 comunidades urbanas con una población igual o superior a las 2,500 personas concentrarán casi 85% de la población total para el año meta 2015.

Por otra parte, las comunidades rurales descargan pequeñas cantidades de residuos y existen espacios para disponer de ellos. Por lo tanto, la demanda por servicios de residuos sólidos no es tan acentuada.

En consecuencia, el Plan Maestro para el MRS se enfoca en el área urbana tomando en cuenta la demanda y la eficiencia en costos.

#### 2. Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes

Aún para comunidades urbanas, el tamaño de la población varía; por lo tanto, es inapropiado adoptar el mismo sistema de MRS para todas las comunidades que sean de diferentes tamaños. En otras palabras, las comunidades con población pequeña no pueden pagar y no requieren de un 100% de tasa de recolección y rellenos sanitarios sofisticados.

Por lo tanto, diversos tipos de sistemas para el MRS deben ser preparados y empleados en correspondencia a la magnitud de la población en la comunidad.

### **3. Introducción y promoción de la minimización de residuos**

La cantidad de residuos generados por persona en el área de estudio no es muy diferente a la generada en países desarrollados. Además, se debe considerar que la nueva ley federal denominada “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” toma en cuenta la minimización de residuos como una política importante. En consecuencia, tomando en cuenta los asuntos antes mencionados, la minimización de residuos deberá ser introducida y promovida en el área de estudio.

### **4. Auto-suficiencia Financiera**

Gran parte de los costos del MRS en los tres municipios no son cubiertos con los derechos del servicio sino más bien con los fondos generales del presupuesto municipal, que consisten en gran medida de los aportes y contribuciones del gobierno Estatal o Federal. En estas circunstancias, existe el riesgo de que el MRS pueda caer en desorden si los gobiernos Estatal o Federal cambiasen sus políticas de aporte a los presupuestos municipales, aun reconociendo que el MRS es una de las responsabilidades inherentes al gobierno municipal. Cuando el MRS en un municipio se paga con fondos generales, un resultado probable es la baja conciencia en prestar el servicio en base a consideraciones cuidadosas de los costos e ingresos específicos del servicio. Entonces, el MRS operado con fondos generales puede resultar en un negligente manejo de costos, en trabajo ineficiente y en baja calidad del servicio, además de que la baja conciencia sobre los costos e ingresos del MRS por parte de las funcionarios municipales puede extenderse al público en general. Con el fin de mejorar estas posibles dificultades, lograr la autosuficiencia financiera será la meta del plan financiero.

### **5. Cooperación entre los tres niveles de gobierno**

Los requerimientos en el MRS recientemente se han tornado variados y sofisticados, por ejemplo, en la actualidad se implementan técnicas de relleno sanitario, se realiza la minimización de residuos, se establecen asociaciones públicas-privadas, se requiere de un manejo de residuos peligrosos, etc. Se estima que hacia el futuro, este MRS se tornará más complejo; en consecuencia, será imposible para los municipios hacerle frente a esta tarea por ellos mismos. Por lo tanto, es necesario formular un marco donde los tres niveles de gobierno, el federal, el estatal y el municipal sean capaces de cooperar.

### **6. Desarrollo de un Sistema Legal**

Existen diversos actores en el MRS, por ejemplo, los gobiernos que sirven de proveedores o supervisores, los ciudadanos y negocios que son generadores de residuos, el sector privado que participa en la provisión de servicios, y organizaciones no-gubernamentales que sirven de

punte entre el gobierno y los ciudadanos. Con el propósito de que puedan participar apropiadamente en el MRS, se debe desarrollar un sistema legal.

#### **7. Fortalecimiento de los Cuerpos Ejecutores para el MRS**

Los cuerpos ejecutores para el MRS son requeridos de desarrollar su capacidad con el fin de hacerle frente a nuevos aspectos como la introducción de la técnica de relleno sanitario, la minimización de residuos y la urbanización rápida debido al desarrollo del turismo. Todas las otras estrategias fortalecen su capacidad; sin embargo, dichos esfuerzos no deben realizarse de manera individual; deberían ser integrados. Las experiencias y el conocimiento deberían ser acumulados por los cuerpos ejecutores. De otra manera, no serían capaces de desarrollar continuamente su capacidad en el futuro.

#### **8. Establecimiento de un Nuevo Sistema para el MRS en la Costa Maya**

En la Costa Maya, se han construido diversas infraestructuras para el desarrollo del turismo, por ejemplo, caminos, infraestructura para la electricidad, y muelles para cruceros. Además, la cantidad de turistas ha ido en aumento; sin embargo, los servicios públicos no se han desarrollado al mismo ritmo en el área. El servicio por residuos sólidos se realiza a pequeña escala por personas de las pequeñas comunidades. Considerando que dicho sistema no será capaz de hacerle frente al desarrollo futuro, un sistema de MRS debe establecerse para proteger la belleza natural en el área.

### 3.4.3.3 Medidas Propuestas

#### a. Medidas Propuestas

El cuadro que se muestra a continuación presenta las medidas propuestas correspondientes a cada estrategia definida.

Cuadro 54: Las Estrategias y Medidas Propuestas

Estrategias	Medidas Propuestas
1. Enfoque en el área urbana	11. Enfoque en el área urbana
2. Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes	21. Arreglo flexible de la tasa de recolección 22. Arreglo flexible de las maneras de disposición final
3. Introducción y promoción de la minimización de residuos	31. Educación ambiental sobre minimización de residuos 311. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las escuelas 312. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las comunidades 313. Anuncio de la importancia de la minimización de residuos por medio de instituciones públicas y/o medios de comunicación 32. Promoción del compostaje de patio 321 Preparación y distribución de materiales sobre la manera cómo hacer compostaje de los residuos de jardín 322. Establecimiento de un sistema de instrucción por visita para el compostaje 333. Demostración del compostaje en las instituciones públicas 33. Compostaje de residuos de poda 34. Establecimiento de la Tasa de Minimización de Residuos
4. Auto-suficiencia Financiera	41. Mejoría del ingreso 411. Aplicación general de los cargos por servicio 412. Cobros realistas por el servicio y mejoría de los ingresos 413. Facturación oportuna y facilidades de pago 414. Control de la recolección de las facturas 415. Uso específico de los ingresos 42. Reducción de costos 421. Mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos 422. Monitoreo constante
5. Cooperación entre los tres niveles de gobierno	51. Establecimiento de un sistema de información para el manejo integral
6. Desarrollo del sistema legal	61. Formulación de una regulación sobre el MRS 62. Formulación de reglas para la asociación de entidades públicas-privadas
7. Fortalecimiento de los cuerpos ejecutores para el MRS	71. Establecimiento de una unidad administrativa especializada en SEDUMA 72. Re-estructuración de los cuerpos ejecutores para el MRS
8. Establecimiento de un Nuevo sistema para el MRS en Costa Maya	81. Establecimiento de un marco institucional y organizacional 82. Introducción de una cultura para la minimización de residuos 83. Preparar establecer un sistema bien fundamentado para el MRS

**b. Compartimiento de Responsabilidades para las Medidas Propuestas**

El siguiente cuadro muestra el compartimiento de responsabilidades para las medidas propuestas entre las partes interesadas.

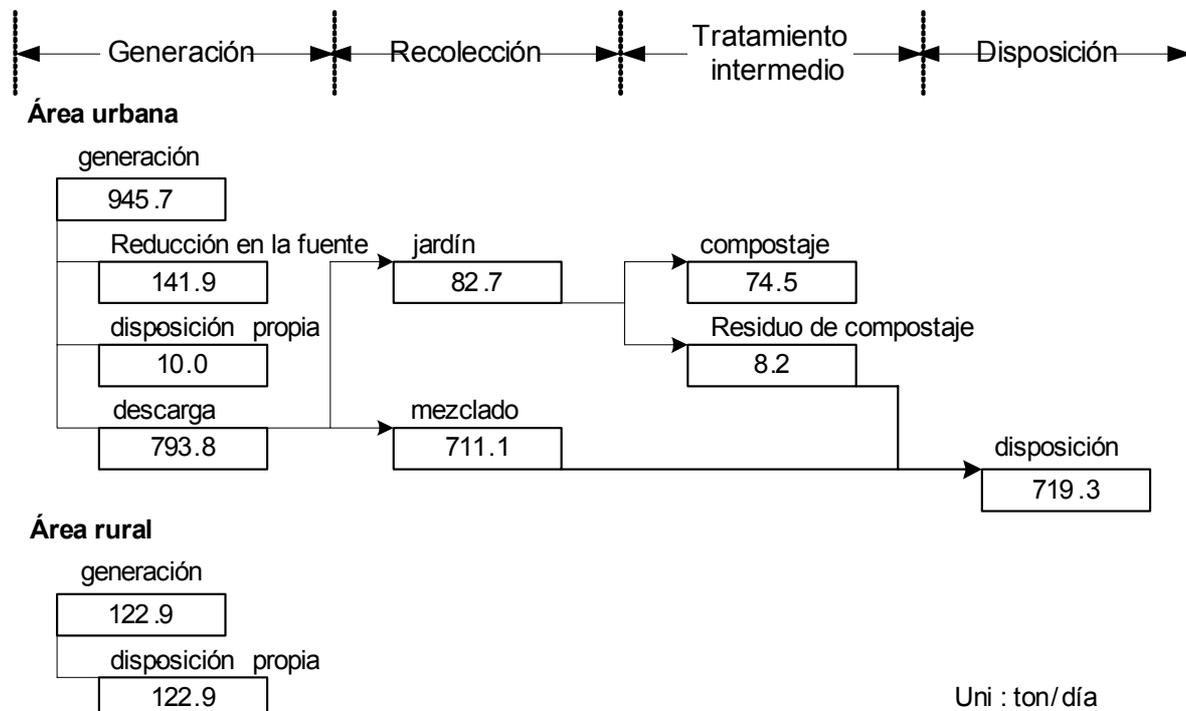
**Cuadro 55: Compartimiento de Responsabilidades para las Medidas Propuestas**

Medidas Propuestas	Partes Interesadas				
	Federal	Estatal	Municipal	Privado sector/ NGO	Ciudadanos
	símbolos R responsable, A apoyo, P participación/cooperación				
11. Enfoque del área urbana			R		
21. Arreglo Flexible de la tasa de recolección			R		
22. Arreglo flexible de las maneras de disposición final			R		
31. Educación ambiental sobre la minimización de residuos 311. Educación ambiental sobre las actividades de reciclaje en las escuelas 312. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las comunidades 313. Propaganda sobre la importancia de la minimización de residuos por medio de instituciones públicas y/o medios de comunicación		R	R	P	P
32. Promoción del compostaje de patio 321. Preparación y distribución de materiales sobre cómo hacer compostaje de los residuos de jardín 322. Establecimiento de visitas de instrucción sobre el sistema de compostaje 333. Demostración del compostaje en las instituciones públicas		A	R	P	P
33. Compostaje de los residuos de poda		A	R	P	
34. Establecimiento de una Tasa de Minimización de Residuos		A	R		
41. Mejoramiento del ingreso 411. Aplicación General del cobro por el servicio 412. Cobros realistas por el servicio y mejoramiento del ingreso 413. Facturación oportuna y pago por la instalación 414. Control de la factura de recolección 415. Uso específico del ingreso			R	P	P
42. Reducción de costos 421. Mejoramiento de los trabajos de recolección 422. Monitoreos constantes			R	P	
51. Establecimiento de un sistema de información para un manejo integral	R	R	R		
61. Formulación de una regulación municipal sobre el MRS		A	R		
62. Formulación de reglas para una asociación pública-privada		A	R		
71. Establecimiento de una unidad administrativa especializada en SEDUMA		R			
72. Re-estructuración de los cuerpos ejecutores para el MRS			R		
81. Establecimiento de un marco institucional 82. Introducción de una cultura de minimización de residuos 83. Preparar a establecer un sistema de MRS firme		A	R	P	P

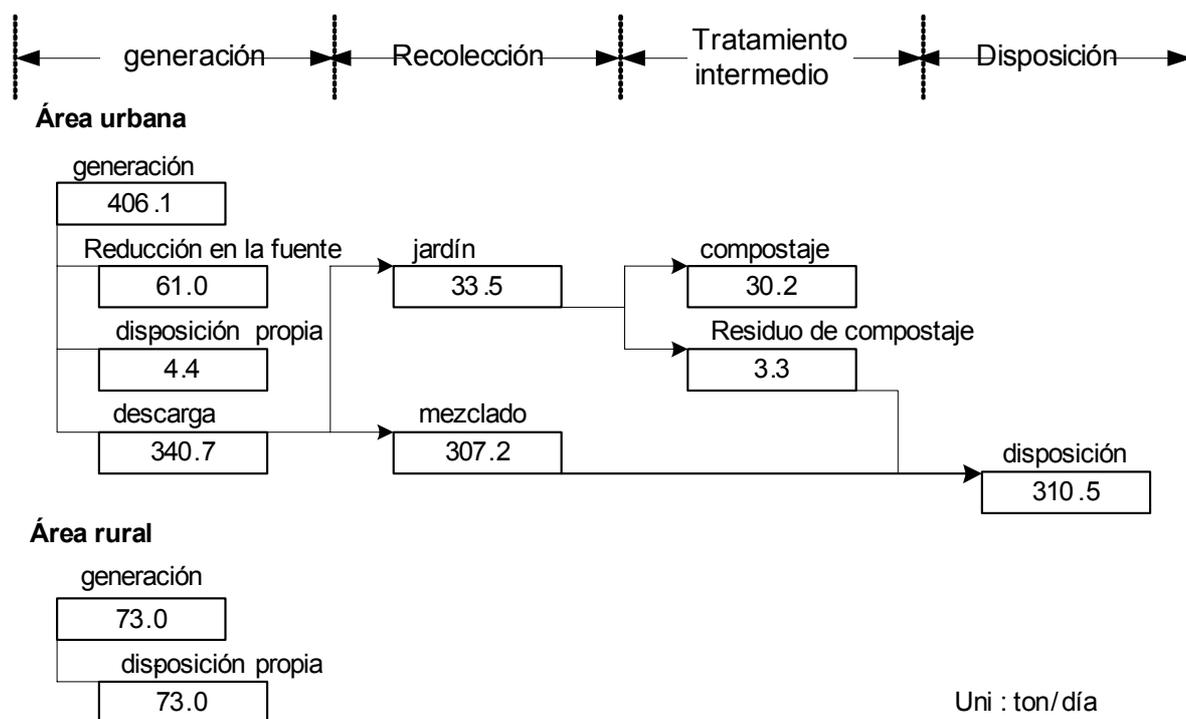
### 3.4.3.4 Flujo de los Residuos

Esta sección describe el flujo de los residuos para el Plan Maestro.

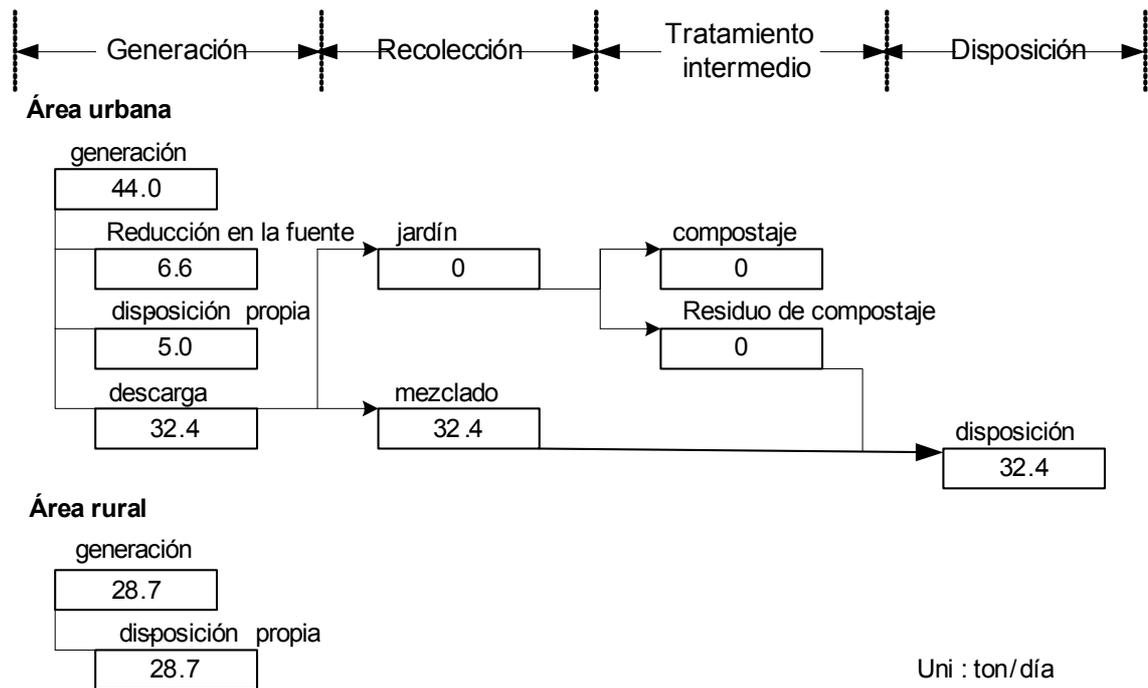
#### a. En toda el Área de Estudio en el año 2015



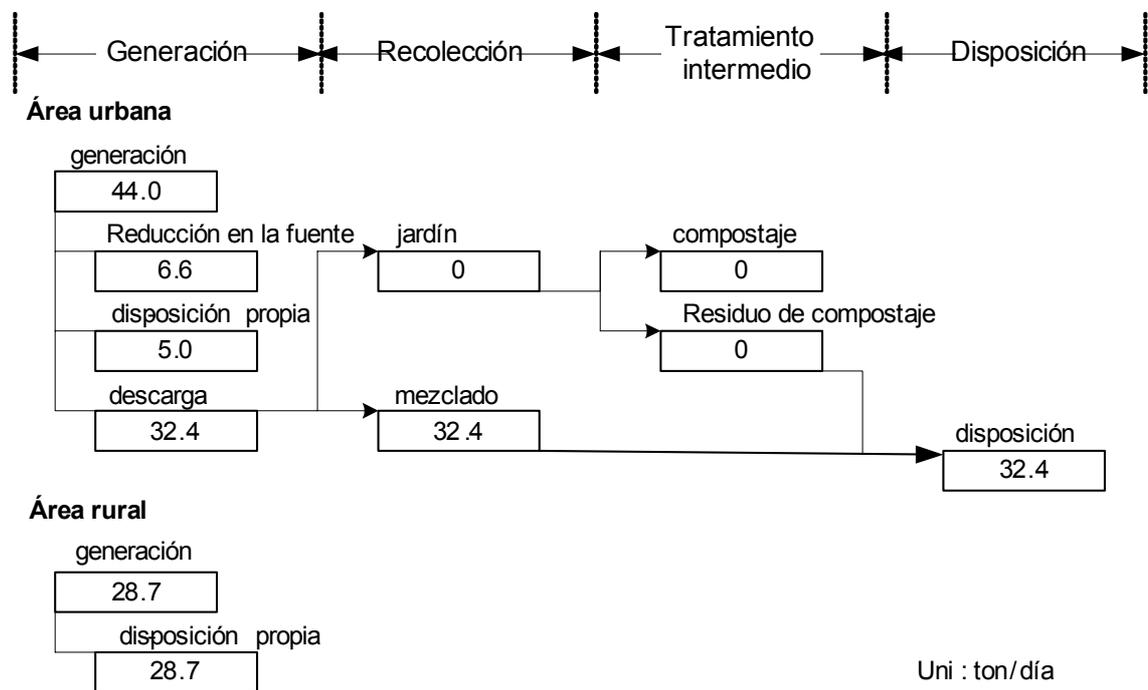
#### b. Othón P. Blanco en el Año 2015



**c. Felipe C Puerto en el Año 2015**



**d. Solidaridad en el Año 2015**



### 3.4.3.5 Estimación de Costos

El costo total requerido para la implementación del Plan Maestro se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro 56: Costo Total del Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	3,156	4,768	4,017	4,366	3,957	28,316
Recolección	34,001	54,560	48,763	58,608	54,670	56,298	57,915	69,421	74,547	67,694	73,876	70,477	720,830
Inversión	11,187	23,507	13,475	17,545	11,176	10,483	9,724	17,963	23,155	15,378	20,207	14,960	188,760
O&M	22,814	31,053	35,288	41,063	43,494	45,815	48,191	51,458	51,392	52,316	53,669	55,517	532,070
Reciclaje (compostaje)	0	0	4,818	1,683	2,596	2,596	4,070	4,070	4,983	8,899	7,579	7,579	48,873
Inversión	0	0	3,135	0	704	352	1,408	704	1,045	4,543	2,101	1,397	15,389
O&M	0	0	1,683	1,683	1,892	2,244	2,662	3,366	3,938	4,356	5,478	6,182	33,484
Disposición final	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	25,436	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	293,004
Inversión	0	0	0	0	2,486	0	0	7,600	1,865	0	0	5,700	17,650
O&M	13,348	15,927	17,949	21,377	22,796	24,167	25,436	26,261	26,253	26,794	27,300	27,746	275,354
Sub-total	47,349	71,680	72,279	82,520	84,264	84,182	89,842	110,508	112,416	107,404	113,121	115,459	1,091,023
Inversión	11,187	23,507	16,610	17,545	14,366	10,835	11,132	26,267	26,065	19,921	22,308	22,057	221,799
O&M	36,162	48,173	55,669	64,975	69,898	73,347	78,710	84,241	86,351	87,483	90,813	93,402	869,224
administración (10% de O&M)	3,616	4,818	5,567	6,498	6,990	7,335	7,872	8,425	8,636	8,748	9,081	9,341	86,927
Total	50,965	76,498	77,846	89,018	91,254	91,517	97,714	118,933	121,052	116,152	122,202	124,800	1,177,950
Inversión	11,187	23,507	16,610	17,545	14,366	10,835	11,132	26,267	26,065	19,921	22,308	22,057	221,799
O&M	39,778	52,991	61,236	71,473	76,888	80,682	86,582	92,666	94,987	96,231	99,894	102,743	956,151

Cuadro 57: Costo del Plan Maestro MRS (Othón P Blanco)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	576	356	402	805	516	1,138	1,460	2,177	1,819	1,962	1,748	12,959
Recolección	13,552	26,378	24,156	30,019	29,238	27,082	28,413	29,073	35,365	31,306	35,442	35,244	345,268
Inversión	3,355	12,309	8,239	11,187	8,943	6,358	6,721	6,017	12,309	8,250	11,957	10,835	106,480
O&M	10,197	14,069	15,917	18,832	20,295	20,724	21,692	23,056	23,056	23,056	23,485	24,409	238,788
Reciclaje (compostaje)	0	0	3,212	1,122	1,122	1,122	2,035	2,035	1,683	4,686	3,509	3,157	23,683
Inversión	0	0	2,090	0	0	0	704	352	0	2,794	1,056	352	7,348
O&M	0	0	1,122	1,122	1,122	1,122	1,331	1,683	1,683	1,892	2,453	2,805	16,335
Disposición final	6,107	6,891	7,541	9,616	12,899	11,023	11,598	13,469	13,626	11,903	12,035	13,328	130,036
Inversión	0	0	0	0	2,486	0	0	1,593	1,865	0	0	1,195	7,139
O&M	6,107	6,891	7,541	9,616	10,413	11,023	11,598	11,876	11,761	11,903	12,035	12,133	122,897
Sub-total	19,659	33,845	35,265	41,159	44,064	39,743	43,184	46,037	52,851	49,714	52,948	53,477	511,946
Inversión	3,355	12,309	10,329	11,187	11,429	6,358	7,425	7,962	14,174	11,044	13,013	12,382	120,967
O&M	16,304	21,536	24,936	29,972	32,635	33,385	35,759	38,075	38,677	38,670	39,935	41,095	390,979
administración (10% de O&M)	1,630	2,154	2,494	2,997	3,264	3,339	3,576	3,808	3,868	3,867	3,994	4,110	39,101
Total	21,289	35,999	37,759	44,156	47,328	43,082	46,760	49,845	56,719	53,581	56,942	57,587	551,047
Inversión	3,355	12,309	10,329	11,187	11,429	6,358	7,425	7,962	14,174	11,044	13,013	12,382	120,967
O&M	17,934	23,690	27,430	32,969	35,899	36,724	39,335	41,883	42,545	42,537	43,929	45,205	430,080

Cuadro 58: Costo del Plan Maestro (Felipe C Puerto)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	94	49	50	101	54	150	199	259	210	214	169	1,549
Recolección	2,090	5,302	1,936	3,542	2,420	2,420	2,420	5,148	4,664	2,420	3,542	2,420	38,324
Inversión	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	968	1,936	1,936	2,420	2,420	2,420	2,420	2,915	2,420	2,420	2,420	2,420	27,115
Reciclaje (compostaje)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O&M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Disposición final	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,572
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O&M	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,572
Sub-total	2,241	5,621	2,364	4,057	2,982	2,988	3,086	5,930	5,493	3,200	4,326	3,157	45,445
Inversión	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	1,119	2,255	2,364	2,935	2,982	2,988	3,086	3,697	3,249	3,200	3,204	3,157	34,236
administración (10% de O&M)	112	226	236	294	298	299	309	370	325	320	320	316	3,425
Total	2,353	5,847	2,600	4,351	3,280	3,287	3,395	6,300	5,818	3,520	4,646	3,473	48,870
Inversión	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	1,231	2,481	2,600	3,229	3,280	3,287	3,395	4,067	3,574	3,520	3,524	3,473	37,661

Cuadro 59: Costo del Plan Maestro (Solidaridad)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	523	344	400	810	551	1,133	1,497	2,332	1,988	2,190	2,040	13,808
Recolección	18,359	22,880	22,671	25,047	23,012	26,796	27,082	35,200	34,518	33,968	34,892	32,813	337,238
Inversión	6,710	7,832	5,236	5,236	2,233	4,125	3,003	9,713	8,602	7,128	7,128	4,125	71,071
O&M	11,649	15,048	17,435	19,811	20,779	22,671	24,079	25,487	25,916	26,840	27,764	28,688	266,167
Reciclaje (compostaje)	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	3,300	4,213	4,070	4,422	25,190
Inversión	0	0	1,045	0	704	352	704	352	1,045	1,749	1,045	1,045	8,041
O&M	0	0	561	561	770	1,122	1,331	1,683	2,255	2,464	3,025	3,377	17,149
Disposición final	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	19,808	13,922	14,321	14,695	19,550	157,396
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	6,006	0	0	0	4,505	10,511
O&M	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	13,802	13,922	14,321	14,695	15,045	146,885
Sub-total	25,449	32,214	34,650	37,304	37,218	41,451	43,572	58,540	54,072	54,490	55,847	58,825	533,632
Inversión	6,710	7,832	6,281	5,236	2,937	4,477	3,707	16,071	9,647	8,877	8,173	9,675	89,623
O&M	18,739	24,382	28,369	32,068	34,281	36,974	39,865	42,469	44,425	45,613	47,674	49,150	444,009
administración (10% de O&M)	1,874	2,438	2,837	3,207	3,428	3,697	3,987	4,247	4,443	4,561	4,767	4,915	44,401
Total	27,323	34,652	37,487	40,511	40,646	45,148	47,559	62,787	58,515	59,051	60,614	63,740	578,033
Inversión	6,710	7,832	6,281	5,236	2,937	4,477	3,707	16,071	9,647	8,877	8,173	9,675	89,623
O&M	20,613	26,820	31,206	35,275	37,709	40,671	43,852	46,716	48,868	50,174	52,441	54,065	488,410

### **3.4.3.6 Análisis Financiero**

#### **a. Escenarios**

Para los propósitos del análisis financiero, tres escenarios básicos se presentaron por cada municipio y también para el Área de Estudio. Los escenarios básicos fueron diferenciados de acuerdo a las tarifas o derechos mensuales de la manera siguiente:

Escenario 1: Usuarios domésticos 30 Pesos, firmas comerciales 100 Pesos

Escenario 2: Usuarios domésticos 40 Pesos, firmas comerciales 150 Pesos

Escenario 3: Usuarios domésticos 50 Pesos, firmas comerciales 200 Pesos

Dentro de cada escenario, se varió el número de firmas comerciales en función de la proporción del número de usuarios domésticos, y se asumió que la eficiencia de la recaudación aumentaría año por año.

#### **b. Resultados**

##### **b.1 Othón P. Blanco**

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 50 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 18.9%.

##### **b.2 Felipe Carrillo Puerto**

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 40 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 150 (100) Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 37.4 (10.7) %.

##### **b.3 Solidaridad**

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 50 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 11.4%.

#### **b.4 Área de Estudio**

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 50 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 18.1%.

#### **c. Autosuficiencia Financiera**

Del análisis realizado y presentado más arriba, se deduce que el Plan Maestro de MRS que se propone puede ser financieramente autosuficiente o puede requerir el uso de los fondos generales, dependiendo de las decisiones políticas y administrativas que se tomen y las condiciones resultantes. El supuesto básico es que las tarifas o derechos del servicio, aunque sean bajas, se aplicarían a todos los generadores de residuos sólidos. Entonces, el uso de los fondos generales no debe ser considerado para la evaluación del caso “sin el Plan Maestro”, ya que aún en el caso de que se necesite el uso de los fondos generales, los montos necesarios serían por la diferencia entre los costos estimados y los ingresos estimados bajo una serie de supuestos. Y el MRS experimentaría una mejoría considerable comparado con el caso “sin el Plan Maestro”.

### 3.4.3.7 Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

Esta sección resume el Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos descrito con anterioridad, de la manera como se presenta en los siguientes cuadros.

Cuadro 60: El Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano					Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1. Población																
Población	cantidad	333,328	364,986	431,638	468,473	505,308	543,476	581,644	619,811	648,326	676,841	705,356	733,871	762,386		
viviendas	cantidad	78,615	86,082	101,801	110,489	119,176	128,178	137,180	146,182	152,907	159,632	166,358	173,083	179,808		
2. Cantidad de residuos																
1) En la fuente																
Generación	ton/día	426.1	465.5	539.7	583.4	627.7	673.8	720.4	767.5	802.6	838.1	873.5	909.6	945.7		
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	10.9	17.5	25	40.5	50.5	61.5	72.2	100.6	113.5	127.3	141.9		
Disposición propia	ton/día	106.2	124.3	100.9	71.3	26.7	26.9	20.5	17.3	9.9	9.8	9.8	9.9	10		
Descarga	ton/día	319.9	341.2	427.9	494.6	576	606.4	649.4	688.7	720.5	727.7	750.2	772.4	793.8		
2) Recolección																
Residuos mezclados	ton/día	319.9	341.2	427.9	489.7	565.3	589.1	624.5	655.5	678.6	676.7	689.3	701	711.1		
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	4.9	10.7	17.3	24.9	33.2	41.9	51	60.9	71.4	82.7		
3) Disposición																
Disposición	ton/día	319.9	341.2	427.9	490.3	566.4	590.8	627	658.8	682.7	681.9	695.5	708.1	719.3		
3. Minimización de residuos	%	0	0	2	4	6	9	10	12	14	18	20	22	24		
Reducción en la fuente	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15		
reciclaje	%	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9		
4. Sistema Técnico																
1) Reducción en la fuente																
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%		
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	10,860	17,679	25,424	41,018	51,214	62,370	73,395	102,166	115,341	129,236	143,848		
Compra de contenedor	cantidad	-	0	10,860	6,819	7,745	15,594	10,196	22,016	28,704	43,335	36,514	39,685	35,964		
2) Recolección																
Porcentaje de recolección	%	75	73	81	87	96	96	97	98	99	99	99	99	99		
Compactador (requerido)	cantidad	-	47	64	70	81	86	89	93	97	96	97	98	100		
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	3	4	4	6	7	10	11	12	14	16		
Compactador (compra)	cantidad	-	10	21	10	15	10	8	8	14	20	11	16	12		
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	3	1	0	2	1	3	1	4	3	2		
3) Reciclaje (compostaje)																
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	3	3	4	4	6	6	7	9	11	11		
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	3	3	3	4	4	6	7	7	9	11		
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	3	0	1	0	2	0	1	5	2	1		
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	3	0	0	1	0	2	1	3	2	2		
4) Disposición final																
Desarrollo por etapas			several levels of landfilling are to be adopted depending on community size													
5. Costo de MRS															Total	
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	3,156	4,768	4,017	4,366	3,957	28,316	
Recolección	1000pesos	-	34,001	54,560	48,763	58,608	54,670	56,298	57,915	69,421	74,547	67,694	73,876	70,477	720,830	
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	4,818	1,683	2,596	2,596	4,070	4,070	4,983	8,899	7,579	7,579	48,873	
Disposición final	1000pesos	-	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	25,436	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	293,004	
sub-total	1000pesos	-	47,349	71,680	72,279	82,520	84,264	84,182	89,842	110,508	112,416	107,404	113,121	115,459	1,091,023	
administración	1000pesos	-	3,616	4,818	5,567	6,498	6,990	7,335	7,872	8,425	8,636	8,748	9,081	9,341	86,927	
total	1000pesos	-	50,965	76,498	77,846	89,018	91,254	91,517	97,714	118,933	121,052	116,152	122,202	124,800	1,177,950	
6. Ingreso (tarifa suficiente)																
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	5,165	18,324	33,147	50,054	65,371	74,077	78,938	82,570	86,201	89,833	93,465	97,096	774,241	
Entidades comerciales (200 Pesos/mes)	1000pesos	-	21,693	29,319	35,799	38,613	41,530	44,446	47,363	49,542	51,721	53,900	56,079	58,258	528,263	
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	1000pesos	-	26,858	47,643	68,946	88,667	106,901	118,523	126,301	132,112	137,922	143,733	149,544	155,354	1,302,504	
7. Saldo																
Saldo	1000pesos	-	-24,107	-28,855	-8,900	-0,351	15,646	27,007	28,587	13,180	16,870	27,580	27,342	30,554	124,553	

Cuadro 61: El Plan Maestro de MRS (Othón P Blanco)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano				Largo			
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1. Población															
Población	cantidad	170,538	189,359	208,179	224,676	241,173	257,670	274,167	290,664	300,821	310,978	321,135	331,292	341,449	
viviendas	cantidad	40,221	44,660	49,099	52,990	56,880	60,771	64,662	68,553	70,948	73,344	75,739	78,135	80,530	
2. Cantidad de residuos															
1) En la fuente															
Generación	ton/día	208.4	229.1	250	268.5	287	306	325.1	344.2	356.3	368.7	380.9	393.6	406.1	
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	5	8	11.5	18.4	22.8	27.6	32	44.3	49.4	55	61	
Disposición propia	ton/día	58.3	77	55.8	40.5	14.4	14.8	10.8	7.5	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	
Descarga	ton/día	150.1	152.1	189.2	220	261.1	272.8	291.5	309.1	320.2	320.3	327.3	334.3	340.7	
2) Recolección															
Residuos mezclados	ton/día	150.1	152.1	189.2	217.8	256.4	265.2	280.7	294.8	302.4	298.9	302.1	305.1	307.2	
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	2.2	4.7	7.6	10.8	14.3	17.8	21.4	25.2	29.2	33.5	
3) Disposición															
Disposición	ton/día	150.1	152.1	189.2	218.1	256.9	265.9	281.8	296.2	304.1	301.1	304.7	308	310.5	
3. Minimización de residuos	%	0	0	2	4	6	8	10	12	14	18	20	21	23	
Reducción en la fuente	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15	
reciclaje	%	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	
4. Sistema Técnico															
1) Reducción en la fuente															
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	5,238	8,478	12,135	19,448	24,141	29,249	34,055	46,941	52,512	58,341	64,425	
Compra de contenedor	cantidad	-	0	5,238	3,240	3,657	7,313	4,693	10,346	13,284	19,783	16,541	17,835	15,885	
2) Recolección															
Porcentaje de recolección	%	72	66	77	84	95	95	96	98	99	99	99	99	99	
Compactador (requerido)	cantidad	-	21	29	31	37	40	40	42	43	43	43	43	44	
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	2	2	2	3	3	5	5	5	6	7	
Compactador (compra)	cantidad	-	3	11	6	10	8	5	6	4	11	6	10	9	
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	2	0	0	1	0	2	0	2	1	1	
3) Reciclaje (compostaje)															
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	2	2	2	2	2	3	3	3	4	5	
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	2	0	0	0	1	0	0	3	1	0	
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2	1	1	
4) Disposición final															
Desarrollo por etapas			several levels of landfilling are to be adopted depending on community size												
5. Costo de MRS															Total
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	576	356	402	805	516	1,138	1,460	2,177	1,819	1,962	1,748	12,959
Recolección	1000pesos	-	13,552	26,378	24,156	30,019	29,238	27,082	28,413	29,073	35,365	31,306	35,442	35,244	345,268
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	3,212	1,122	1,122	1,122	2,035	2,035	1,683	4,686	3,509	3,157	23,683
Disposición final	1000pesos	-	6,107	6,891	7,541	9,616	12,899	11,023	11,598	13,469	13,626	11,903	12,035	13,328	130,036
sub-total	1000pesos	-	19,659	33,845	35,265	41,159	44,064	39,743	43,184	46,037	52,851	49,714	52,948	53,477	511,946
administración	1000pesos	-	1,630	2,154	2,494	2,997	3,264	3,339	3,576	3,808	3,868	3,867	3,994	4,110	39,101
total	1000pesos	-	21,289	35,999	37,759	44,156	47,328	43,082	46,760	49,845	56,719	53,581	56,942	57,587	551,047
6. Ingreso (tarifa suficiente)															
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	2,680	8,838	15,897	23,890	30,993	34,917	37,019	38,312	39,606	40,899	42,193	43,486	358,730
Entidades comerciales (200 Pesos/mes)	1000pesos	-	11,254	14,141	17,169	18,429	19,690	20,950	22,211	22,987	23,763	24,539	25,316	26,092	246,541
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1000pesos	-	13,934	22,979	33,066	42,319	50,683	55,867	59,230	61,299	63,369	65,438	67,509	69,578	605,271
7. Saldo															
Saldo	1000pesos		-7,355	-13,020	-4,693	-1,837	3,355	12,785	12,470	11,454	6,650	11,857	10,567	11,991	54,224

Cuadro 62: El Plan Maestro de MRS (Felipe C Puerto)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano				Largo				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1. Población																
Población	cantidad	33,025	33,630	34,232	34,699	35,166	35,633	36,100	36,568	36,909	37,250	37,591	37,932	38,273		
viviendas	cantidad	7,789	7,932	8,074	8,184	8,294	8,404	8,514	8,625	8,705	8,785	8,866	8,946	9,027		
2. Cantidad de residuos																
1) En la fuente																
Generación	ton/día	37.1	37.9	38.6	39.1	39.9	40.4	41.1	41.8	42.3	42.7	43.2	43.7	44		
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	0.8	1.2	1.5	2.4	2.9	3.4	3.8	5.1	5.7	6.2	6.6		
Disposición propia	ton/día	26.3	25.4	19.1	16.4	11.5	11.3	8.9	9	5.2	5.1	5	5	5		
Descarga	ton/día	10.8	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4		
2) Recolección																
Residuos mezclados	ton/día	10.8	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4		
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3) Disposición																
Disposición	ton/día	10.8	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4		
3. Minimización de residuos																
Reducción en la fuente	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15		
reciclaje	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4. Sistema Técnico																
1) Reducción en la fuente																
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%		
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	862	1,310	1,769	2,689	3,178	3,679	4,178	5,623	6,147	6,680	7,222		
Compra de contenedor	cantidad	-	0	862	448	459	920	489	1,363	1,809	2,352	1,903	1,942	1,532		
2) Recolección																
Porcentaje de recolección	%	29	33	49	57	70	70	77	77	86	86	87	87	87		
Compactador (requerido)	cantidad	-	2	4	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5		
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Compactador (compra)	cantidad	-	1	3	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0		
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3) Reciclaje (compostaje)																
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4) Disposición final																
Desarrollo por etapas																
several levels of landfilling are to be adopted depending on community size																
5. Costo de MRS																
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	94	49	50	101	54	150	199	259	210	214	169	Total	1,549
Recolección	1000pesos	-	2,090	5,302	1,936	3,542	2,420	2,420	2,420	5,148	4,664	2,420	3,542	2,420	38,324	
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Disposición final	1000pesos	-	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,572	
sub-total	1000pesos	-	2,241	5,621	2,364	4,057	2,982	2,988	3,086	5,930	5,493	3,200	4,326	3,157	45,445	
administración	1000pesos	-	112	226	236	294	298	299	309	370	325	320	320	316	3,425	
total	1000pesos	-	2,353	5,847	2,600	4,351	3,280	3,287	3,395	6,300	5,818	3,520	4,646	3,473	48,870	
6. Ingreso (tarifa suficiente)																
Vivienda (40 Pesos/mes)	1000pesos	-	0,381	1,163	1,964	2,787	3,429	3,678	3,726	3,761	3,795	3,830	3,865	3,900	36,279	
Entidades comerciales (150 Pesos/mes)	1000pesos	-	1,499	1,744	1,989	2,015	2,042	2,069	2,096	2,115	2,135	2,154	2,174	2,194	24,226	
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	1000pesos	-	1,880	2,907	3,953	4,802	5,471	5,747	5,822	5,876	5,930	5,984	6,039	6,094	60,505	
7. Saldo																
Saldo	1000pesos	-	-0,473	-2,940	1,353	0,451	2,191	2,460	2,427	-0,424	0,112	2,464	1,393	2,621	11,635	

Cuadro 63: El Plan Maestro de MRS (Solidaridad)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano				Largo				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
<b>1. Población</b>																
Población	cantidad	129,765	141,997	189,227	209,098	228,969	250,173	271,377	292,579	310,596	328,613	346,630	364,647	382,664		
viviendas	cantidad	30,605	33,490	44,629	49,316	54,002	59,003	64,004	69,004	73,254	77,503	81,752	86,002	90,251		
<b>2. Cantidad de residuos</b>																
<b>1) En la fuente</b>																
Generación	ton/día	180.6	198.5	251.1	275.8	300.8	327.4	354.2	381.5	404	426.7	449.4	472.3	495.6		
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	5.1	8.3	12	19.7	24.8	30.5	36.4	51.2	58.4	66.1	74.3		
Disposición propia	ton/día	21.6	21.9	26	14.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
Descarga	ton/día	159	176.6	220	253.1	288	306.9	328.6	350.2	367	374.9	390.4	405.6	420.7		
<b>2) Recolección</b>																
Residuos mezclados	ton/día	159	176.6	220	250.4	282	297.2	314.5	331.3	342.9	345.3	354.7	363.4	371.5		
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	2.7	6	9.7	14.1	18.9	24.1	29.6	35.7	42.2	49.2		
<b>3) Disposición</b>																
Disposición	ton/día	159	176.6	220	250.7	282.6	298.2	315.9	333.2	345.3	348.3	358.3	367.6	376.4		
<b>3. Minimización de residuos</b>																
Reducción en la fuente	%	0	0	2	4	6	9	11	13	15	19	21	23	25		
reciclaje	%	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>4. Sistema Técnico</b>																
<b>1) Reducción en la fuente</b>																
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%		
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	4,760	7,891	11,520	18,881	23,895	29,442	35,162	49,602	56,682	64,215	72,201		
Compra de contenedor	cantidad	-	0	4,760	3,131	3,629	7,361	5,014	10,307	13,611	21,200	18,070	19,908	18,547		
<b>2) Recolección</b>																
Porcentaje de recolección	%	88	89	89	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Compactador (requerido)	cantidad	-	24	31	35	39	41	44	46	48	48	49	50	51		
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9		
Compactador (compra)	cantidad	-	6	7	4	4	2	3	2	8	7	5	5	3		
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1		
<b>3) Reciclaje (compostaje)</b>																
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6		
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6		
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	1		
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1		
<b>4) Disposición final</b>																
Desarrollo por etapas		several levels of landfilling are to be adopted depending on community size														
<b>5. Costo de MRS</b>																
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	523	344	400	810	551	1,133	1,497	2,332	1,988	2,190	2,040	Total	13,808
Recolección	1000pesos	-	18,359	22,880	22,671	25,047	23,012	26,796	27,082	35,200	34,518	33,968	34,892	32,813	337,238	
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	3,300	4,213	4,070	4,422	25,190	
Disposición final	1000pesos	-	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	19,808	13,922	14,321	14,695	19,550	157,396	
sub-total	1000pesos	-	25,449	32,214	34,650	37,304	37,218	41,451	43,572	58,540	54,072	54,490	55,847	58,825	533,632	
administración	1000pesos	-	1,874	2,438	2,837	3,207	3,428	3,697	3,987	4,247	4,443	4,561	4,767	4,915	44,401	
total	1000pesos	-	27,323	34,652	37,487	40,511	40,646	45,148	47,559	62,787	58,515	59,051	60,614	63,740	578,033	
<b>6. Ingreso (tarifa suficiente)</b>																
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	2,009	8,033	14,795	22,681	30,092	34,562	37,262	39,557	41,852	44,146	46,441	48,736	370,166	
Entidades comerciales (200 Pesos/mes)	1000pesos	-	8,439	12,853	15,978	17,497	19,117	20,737	22,357	23,734	25,111	26,488	27,865	29,241	249,417	
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total	1000pesos	-	10,448	20,886	30,773	40,178	49,209	55,299	59,619	63,291	66,963	70,634	74,306	77,977	619,583	
<b>7. Saldo</b>																
Saldo	1000pesos	-	-16,875	-13,766	-6,714	-0,333	8,563	10,151	12,060	0,504	8,448	11,583	13,692	14,237	41,550	

### 3.4.3.8 Plan de Implementación

Los siguientes cuadros muestran como implementar el Plan Maestro en etapas.

Cuadro 64: Plan de Implementación (Fase 1: 2004-2007)

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Estrategia básica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enfoque en el área urbana</li> </ul>		
2. Sistema Técnico			
1) Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar el compostaje de traspatio en todos los grupos urbanos</li> </ul>		
2) Recolección y transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar la expansión del área de recolección</li> <li>Iniciar el mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos</li> </ul>		
3) Tratamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar el compostaje de residuos de jardinería en los Grupos Urbanos 1 y 5</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar el compostaje de residuos de jardinería en el Grupo Urbano 9</li> </ul>
4) Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construir un relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 1</li> <li>Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 2 a vertedero cerrado</li> <li>Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 4 a vertedero cerrado</li> <li>Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 5 a un relleno sanitario con control de gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 6 a un vertedero cerrado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operar los sitios de disposición existentes</li> </ul>
3. Sistema de manejo			
1) Planeación y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planear y operar el MRS de acuerdo al P/M</li> <li>Seguir los manuales de operación y sugerencias hechas en los Proyectos Modelo</li> </ul>		
2) Comercial & financiero	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar el mejoramiento del ingreso</li> </ul>		
3) Administración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer una unidad administrativa especializada en SEDUMA</li> <li>Llevar a cabo acciones para reestructurar los cuerpos ejecutivos municipales de MRS</li> </ul>		
4) Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar el monitoreo de los indicadores de ejecución del MRS</li> </ul>		
4. Sistema legal & institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer un sistema de información para el manejo integral de residuos sólidos</li> <li>Llevar a cabo acciones para la formulación de un reglamento municipal de MRS</li> </ul>		
5. Asociación pública privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la actual asociación pública privada</li> <li>Formular reglas de asociación pública privada si es necesario</li> </ul>		
6. Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar la educación ambiental en la minimización de residuos</li> </ul>		
7. Área urbana de nuevo desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar el establecimiento de un nuevo sistema de MRS en Costa Maya</li> </ul>	-	-

Cuadro 65: Plan de Implementación (Fase 2: 2008-2011)

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Estrategia básica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enfoque en el área urbana</li> </ul>		
2. Sistema Técnico			
1) Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir el compostaje de traspatio en todos los grupos urbanos</li> </ul>		
2) Recolección y transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la expansión del área de recolección</li> <li>Continuar el mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos</li> </ul>		
3) Tratamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir el compostaje de residuos de jardinería en los Grupos Urbanos 1 y 5</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir el compostaje de residuos de jardinería en el Grupo Urbano 9</li> </ul>
4) Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar las operaciones en el relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 1</li> <li>Construir e iniciar las operaciones del relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la operación de los sitios de disposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construir e iniciar las operaciones de un relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 9</li> </ul>
3. Sistema de manejo			
1) Planeación y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planear y operar el MRS de acuerdo al P/M</li> <li>Seguir los manuales de operación y sugerencias hechas en los Proyectos Modelo</li> </ul>		
2) Comercial & financiero	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar el mejoramiento del ingreso</li> </ul>		
3) Administración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operar la unidad administrativa especializada en SEDUMA</li> <li>Operar los cuerpos ejecutivos municipales de MRS reestructurados</li> </ul>		
4) Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar el monitoreo de los indicadores de ejecución del MRS</li> </ul>		
4. Sistema legal & institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operar el sistema de información para el manejo integral de residuos sólidos</li> <li>Supervisar los servicios de MRS de acuerdo al reglamento municipal</li> </ul>		
5. Asociación pública privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la actual asociación pública privada</li> <li>Formular reglas de asociación pública privada si es necesario</li> </ul>		
6. Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la educación ambiental en la minimización de residuos</li> </ul>		
7. Área urbana de nuevo desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer un firme sistema de MRS en Costa Maya</li> </ul>	-	-

Cuadro 66: Plan de Implementación (Fase 3: 2012-2015)

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Estrategia básica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enfoque en el área urbana</li> </ul>		
2. Sistema Técnico			
1) Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir el compostaje de traspatio en todos los grupos urbanos</li> </ul>		
2) Recolección y transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la expansión del área de recolección</li> <li>Continuar el mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos</li> </ul>		
3) Tratamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir el compostaje de residuos de jardinería en los Grupos Urbanos 1 y 5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Expandir el compostaje de residuos de jardinería en el Grupo Urbano 9</li> </ul>
4) Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la operación de los sitios de disposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la operación de los sitios de disposición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la operación de los sitios de disposición</li> </ul>
3. Sistema de manejo			
1) Planeación y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planear y operar el MRS de acuerdo al P/M</li> <li>Seguir los manuales de operación y sugerencias hechas en los Proyectos Modelo</li> </ul>		
2) Comercial & financiero	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar el mejoramiento del ingreso</li> </ul>		
3) Administración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operar la unidad administrativa especializada en SEDUMA</li> <li>Operar los cuerpos ejecutivos municipales de MRS reestructurados</li> </ul>		
4) Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar el monitoreo de los indicadores de ejecución del MRS</li> </ul>		
4. Sistema legal & institucional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operar el sistema de información para el manejo integral de residuos sólidos</li> <li>Supervisar los servicios de MRS de acuerdo al reglamento municipal</li> </ul>		
5. Asociación pública privada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la actual asociación pública privada</li> <li>Formular reglas de asociación pública privada si es necesario</li> </ul>		
6. Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Continuar la educación ambiental en la minimización de residuos</li> </ul>		
7. Área urbana de nuevo desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer un firme sistema de MRS en Costa Maya</li> </ul>	-	-

### **3.4.4 Evaluación del Plan Maestro**

#### **3.4.4.1 Evaluación Económica**

##### **a. Concepto Evaluado**

El desafío en el Área de Estudio es “buscar un desarrollo sustentable logrando un equilibrio entre la preservación del rico ambiente costero y el desarrollo turístico.” La información obtenida hasta el momento indica que el manejo inapropiado de las aguas residuales y los residuos sólidos resultaría en una seria contaminación de las aguas subterráneas y en la destrucción del ambiente costero debido a la peculiar característica geológica – formación cárstica – de la Península de Yucatán. El Plan Maestro apunta a la prevención de la contaminación de las aguas y la destrucción del medio ambiente, las cuales pueden causar serios perjuicios al turismo, a la rica biodiversidad, a los recursos hídricos únicos y a la salud humana en el Área de Estudio. Estos son asumidos como los beneficios a ser producidos con la implementación del Plan Maestro.

Para propósitos analíticos en esta evaluación económica, se asume que el costo incremental es el costo necesario para producir los beneficios. El costo incremental es la diferencia entre el costo requerido para implementar el Plan Maestro y el costo requerido para continuar con los sistemas actuales de Manejo de Aguas Residuales y Manejo de Residuos Sólidos (sin el Plan Maestro).

##### **b. Costo**

El siguiente cuadro presenta el costo incremental del Plan Maestro que alcanza a 3,304 Millones de Pesos para el Manejo de las Aguas Residuales y 441 Millones de Pesos para el Manejo de los Residuos Sólidos, por un total de 3,745 Millones de Pesos para el Plan Maestro.

Cuadro 67: Costo Incremental del P/M

Unidad: millones de pesos

Año	Manejo de Aguas Residuales	Manejo de Residuos Sólidos	Total
2004	175	14	189
2005	481	32	513
2006	120	29	149
2007	529	37	566
2008	274	35	309
2009	414	31	445
2010	290	33	323
2011	206	51	257
2012	196	49	245
2013	187	42	229
2014	211	44	255
2015	221	44	265
Total	3,304	441	3,745

**c. Beneficio**

El Plan Maestro apunta a *preservar las aguas subterráneas y el ambiente acuático costero en el Área de Estudio* protegiéndolos del manejo inapropiado de las aguas residuales y de los residuos sólidos, y se espera que produzca los siguientes beneficios:

- 1) Mantenerse como un atractivo turístico: para evitar impactos negativos en el turismo por causa de la degradación ambiental*
- 2) Preservación de la biodiversidad: para evitar la pérdida de los recursos que podrían ser utilizados como alimentos y/o medicinas en el futuro*
- 3) Protección de la fuente de agua para consumo humano: para evitar el costo de tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas, y prevenir el brote de enfermedades*

**d. Evaluación Económica Cuantitativa sobre Ingresos por Turismo**

Es obvio que una zona turística no puede florecer una vez que su imagen esté dañada, a pesar de que no haya habido una teoría o pruebas empíricas que expliquen la correlación entre el grado de la contaminación de agua/degradación ambiental y la disminución en ingresos por turismo. Quintana Roo tiene muchos sitios históricos de la cultura Maya que son atractivos para los turistas. Sin embargo, la atracción más importante es su área costera que tiene playas de arena blanca y aguas de azul turquesa que son alimentadas por las abundantes aguas subterráneas. Por consiguiente, es razonable estimar que la destrucción del ambiente costero

causada por la contaminación de las aguas subterráneas y de las aguas marinas puede causar una seria disminución en los ingresos por turismo.

La evaluación económica de este Estudio estima en forma conservadora los efectos adversos de la contaminación de agua/degradación ambiental sobre el turismo en el caso “sin el Plan Maestro”, definiendo los efectos adversos como una disminución del 1%/año con respecto a las tasas proyectadas de crecimiento después de 2006, y una disminución del 10% en 2015.

Se considera como beneficio la diferencia en ingresos entre los casos “con el Plan Maestro” y “sin el Plan Maestro”. El Cuadro siguiente muestra que los beneficios acumulados al 2015 se estiman en 10,529 Millones de Pesos.

Se calcularon el Valor Presente Neto (VPN), la relación Beneficio Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) a partir de los valores de Costos y Beneficios. Los resultados fueron, como se presenta en el Cuadro siguiente, VPN = 2,545 Millones de Pesos, relación B/C = 2.06, TIR = 39.00%.

Cuadro 68: VPN, Relación B/C, y TIR del Plan Maestro (tasa de disminución: 1.0% por año con respecto a las tasas proyectadas)

Unidad: millones de pesos

Año	Beneficio	Costo	Balance	Porcentaje de reducción 10%		
				Beneficio	Costo	VPN
2004	0	189	-189	0	189	-189
2005	0	513	-513	0	466	-655
2006	151	149	2	125	123	-653
2007	317	566	-249	238	425	-840
2008	497	309	188	339	211	-712
2009	691	445	246	429	276	-559
2010	897	323	574	506	182	-235
2011	1,115	257	858	572	132	205
2012	1,344	245	1,099	627	114	718
2013	1,584	229	1,355	672	97	1,293
2014	1,836	255	1,581	708	98	1,903
2015	2,097	265	1,832	735	93	2,545
Total	10,529	3,745	6,784	4,951	2,406	
					VPN =	2,545
					B/C=	2.06
					TIR=	39.00%

Además, se evaluaron dos casos para el análisis de sensibilidad, con una disminución de 0.5%/año (para el Caso 1) y una disminución de 1.5%/año (para el Caso 3) de la cantidad de turistas proyectada después del 2006. Los resultados del análisis de sensibilidad arrojaron un VPN = 68 millones de Pesos, relación B/C = 1.03, y una TIR = 10.87% para el Caso 1;

mientras que arrojaron un VPN = 5,020 millones de Pesos, una relación B/C = 3.09, y una TIR = 50.68% para el Caso 3.

Cuadro 69: Resultados del Análisis de Sensibilidad

Aspecto	Caso 1(-0.5%)	Caso 2 (-1.0%)	Caso 3 (-1.5%)
VPN (millones de pesos)	68	2,545	5,020
B/C	1.03	2.06	3.09
TIR	10.87%	39.00%	50.68%

**e. Conclusión**

El Plan Maestro busca prevenir las pérdidas económicas con respecto al turismo, a la biodiversidad y a la salud humana, cuyos beneficios se consideran como significativamente mayores que el costo del Plan Maestro. Por lo tanto, se evalúa que el Plan Maestro es factible desde el punto de vista económico.

Cuadro 70: Resumen de la Evaluación Económica del Plan Maestro

No.	Beneficio	Evaluación
1	<b>Mantenerse como atractivo turístico:</b> para evitar impactos negativos sobre el turismo debido a la degradación ambiental	El turismo en el Área de Estudio es importante no solamente para la economía regional sino también para la economía nacional. El Plan Maestro trata de evitar la imagen negativa causada por la degradación ambiental. La evaluación económica cuantitativa resultó en VPN=2,545 Millones de Pesos, B/C=2.06, TIR=39.00%
2	<b>Preservación de la biodiversidad:</b> para evitar la pérdida de los recursos que podrían ser utilizados como alimentos y/o medicinas en el futuro	El Área de Estudio abarca un ambiente acuático único y ecosistemas valiosos en donde se encuentra una rica biodiversidad. El Plan Maestro contribuye a preservar esta biodiversidad.
3	<b>Protección de la fuente de agua para consumo humano:</b> para evitar costos adicionales de tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas, y prevenir el brote de enfermedades	El número de casos de infecciones intestinales causadas por la contaminación del agua para consumo humano es más alto en la Península de Yucatán que el promedio nacional. La pérdida económica causada por el ausentismo debido a esta afección intestinal es significativa. El Plan Maestro contribuye a evitar esta pérdida.

**3.4.4.2 Evaluación General**

El Plan Maestro propuesto preservará el agua subterránea y el ambiente acuático costero del Área de Estudio. La contaminación y deterioro de los mismos inducirá a la reducción de los ingresos provenientes del turismo, al incremento en los costos médicos, a la pérdida de oportunidades de empleo y a la pérdida de la biodiversidad. Estas son pérdidas económicas considerables, en comparación con los costos del Plan Maestro. Puede deducirse que el Plan Maestro es por lo tanto económicamente viable.

El Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales es viable desde el punto de vista financiero, bajo el sistema actual de tarifas de CAPA. Sin embargo, si se analizan los municipios de manera separada, Othon P Blanco y Felipe C Puerto, incurrirán en déficit financiero. Por lo tanto, el Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales será financieramente viable si se consideran los tres municipios en conjunto.

El servicio de recolección de residuos sólidos no ha sido cobrado de manera adecuada en el Área de Estudio con excepción de Solidaridad. El Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos será financieramente factible si se toma la decisión política de cobrar a los beneficiarios por el servicio.

El Plan Maestro contribuirá a la protección de la salud de los residentes y turistas, ya que preservará el agua subterránea, única fuente de agua potable en el Área de Estudio. De esta manera, el Plan Maestro contribuirá a conservar en gran medida este ecosistema único a nivel mundial.

CAPA, quien está a cargo del manejo de aguas residuales en el Área de Estudio, tiene la capacidad técnica para implementar el Plan Maestro. Por otra parte, los municipios a cargo del manejo de residuos sólidos han adquirido conocimiento y habilidades a través de los Proyectos Modelos contenidos en el Plan Maestro. Puede indicarse entonces que el Plan Maestro es técnicamente viable y se espera que esas organizaciones desarrollen sus capacidades a través de la implementación del Plan Maestro.

Consecuentemente, se deduce que la implementación del Plan Maestro es razonable y viable en todo sentido, y que formulará las bases para el desarrollo sustentable a futuro en el Área de Estudio.

### 3.5 Recomendaciones Relacionadas al Manejo de Aguas Subterráneas

El Estudio se enfoca a las áreas relacionadas al Manejo de Aguas Residuales (MAR) y Manejo de Residuos Sólidos (MRS) de acuerdo con los alcances de los trabajos acordados entre la parte Mexicana y la parte Japonesa. Sin embargo, se ha comprendido que la importancia del Manejo de Aguas Subterráneas (MAS) se debe a su estrecha relación con el MAR y MRS, por las características geológicas del Área de Estudio. Por lo tanto, este capítulo proporciona recomendaciones generales sobre el MAS.

#### 3.5.1 Evaluación de Riesgos y Establecimiento de Metas

El manejo de agua subterránea de la cuenca implica de un programas de desarrollo y utilización del agua subterránea con un propósito definido, comúnmente de una naturaleza social o económica. En general, el objetivo primordial es obtener al menor costo la máxima cantidad de agua que cumpla con determinados requisitos de calidad.

Teniendo en consideración las características de los acuíferos y la creciente demanda del turismo en la Península de Yucatán, la situación del agua subterránea se tornará crítica hacia el futuro. En los siguientes párrafos se resumen los riesgos con base a la situación actual y se definen metas.

**Riesgo 01:** *La intrusión o “desplazamiento vertical” (Upconing) de agua salada puede ocurrir debido a la sobreexplotación del agua subterránea.*

**Riesgo 02:** *La contaminación del agua subterránea puede ocurrir debido a su contacto con aguas residuales, residuos animales, fertilizantes, pesticida y efluentes de tanques sépticos entre otros.*

**Meta 1:** *Controlar la extracción de aguas subterráneas basándose en la evaluación de ‘rendimiento permanente’.*

**Meta 2:** *Proteger al acuífero de contaminación causada por fuentes domésticas, industriales, agrícolas, etc.*

#### 3.5.2 Estrategias

Las estrategias propuestas para alcanzar las metas son las siguientes.

**Estrategia 1:** *Establecimiento de una base de datos de Aguas Subterráneas*

**Estrategia 2:** *Construcción de una red de monitoreo*

**Estrategia 3:** *Establecimiento de normas para el diseño del pozo de inyección, así como su construcción, operación, y mantenimiento*

### 3.5.3 Medidas de Mejoramiento

Las propuestas de medidas de mejoramiento correspondientes a las estrategias definidas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 71: Propuesta de Medidas de Mejoramiento Respecto al Manejo de Aguas Subterráneas

Estrategias		Contenido (Medidas de Perfeccionamiento Propuestas)
Sistema de Manejo de Aguas Subterráneas	Establecimiento de una Base de Datos de Aguas Subterráneas	Establecimiento y mantenimiento de una base de datos de aguas subterráneas, la cual es necesaria para la planeación, implementación, monitoreo y evolución de los recursos de aguas subterráneas. <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Recopilación de información respecto a pozos existentes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información de usuarios y compañías perforadoras</li> <li>• Elaboración de un inventario de pozos</li> </ul> </li> <li>2) Recopilación de información relevante e implementación del SIG                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de materiales para el SIG (condiciones naturales, uso de la tierra, población, abastecimiento de agua, etc.)</li> <li>• Construcción del sistema SIG ligado al inventario de pozos</li> </ul> </li> <li>3) Establecimiento de informes, inspección, análisis y sistemas de evaluación usando SIG, vinculado a la base de datos de aguas subterráneas.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escenarios legales e institucionales</li> <li>• Mantenimiento de una base de datos (Actualización y modificación regular)</li> </ul> </li> </ol>
	Construcción de redes de Monitoreo	Expansión y mejoramiento de las redes y métodos de Monitoreo de aguas subterráneas con la finalidad de prevenir la contaminación y declive anual del nivel freático de agua en los acuíferos calizos. <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mecanización de pozos de monitoreo existentes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la estructura de los pozos, niveles de agua y calidad</li> <li>• Mecanización en estaciones existentes</li> <li>• Visitas periódicas y chequeo de equipo</li> </ul> </li> <li>2) Expansión y construcción de las redes de monitoreo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la información de los pozos existentes</li> <li>• Obtención de los niveles del agua subterránea en los pozos seleccionados</li> <li>• Interpretación de las condiciones geológicas</li> <li>• Estudio geofísico</li> <li>• Perforaciones de los pozos de monitoreo (obtener núcleos cuando sea necesario)</li> <li>• Análisis de la calidad del agua</li> <li>• Instalación de equipos</li> <li>• establecimiento de una metodología de recolección y procesamiento de registros de monitoreo</li> <li>• publicación anual de la información de monitoreo</li> </ul> </li> <li>3) Evaluación la información de monitoreo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• reunión de evaluación anual sostenida en CNA</li> <li>• guías administrativas basadas en la evaluación</li> <li>• investigaciones de campo</li> </ul> </li> </ol>

Estrategias	Contenido (Medidas de Perfeccionamiento Propuestas)
Establecimiento de Estándares para el diseño y construcción de pozos de inyección y su O&M	Establecimiento de un estándar técnico para el diseño, construcción, y O&M de los pozos de inyección con la finalidad de prevenir la contaminación de las capas de agua dulce. <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Evaluación de pozos de inyección existentes y compañías perforadoras                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación para los pozos de los métodos constructivos, estructura, calidad y porcentaje de agua inyectada, registro de inyección en pozos existentes seleccionados.</li> <li>• Evaluación de compañías perforadoras en cuestión de equipo, métodos de construcción, materiales y experiencias.</li> </ul> </li> <li>2) Monitoreo de niveles y calidad de agua en áreas cercanas a pozos de inyección.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención regular de los niveles freáticos de las aguas subterráneas y análisis de las mismas</li> <li>• Análisis de la información</li> </ul> </li> <li>3) Preparación de los estándares técnicos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición del comportamiento del agua inyectada en la capa de agua marina</li> <li>• Investigaciones de campo y construcción de pozos de inyección de prueba</li> <li>• Establecimiento de estándares de diseño y métodos de construcción</li> <li>• Establecimiento de estándares para la O&amp;M basados en el monitoreo</li> <li>• Dirección administrativa y técnica por parte de CNA</li> </ul> </li> </ol>

## 4 Proyectos Modelos

Se ejecutaron nueve Proyectos Modelos a lo largo del Estudio, estos tenían como objetivo los cuatro puntos que se presentan a continuación.

- Evaluar la factibilidad de las actividades listadas en el plan maestro.
- Iniciar la implementación del plan maestro
- Promover una agencia ejecutora para que se asuma como propio el plan maestro.
- Fomentar el establecimiento del sistema requerido y la adquisición de capacidades necesarias para implementar el plan maestro.

La siguiente figura muestra la ubicación de los proyectos ejecutados.

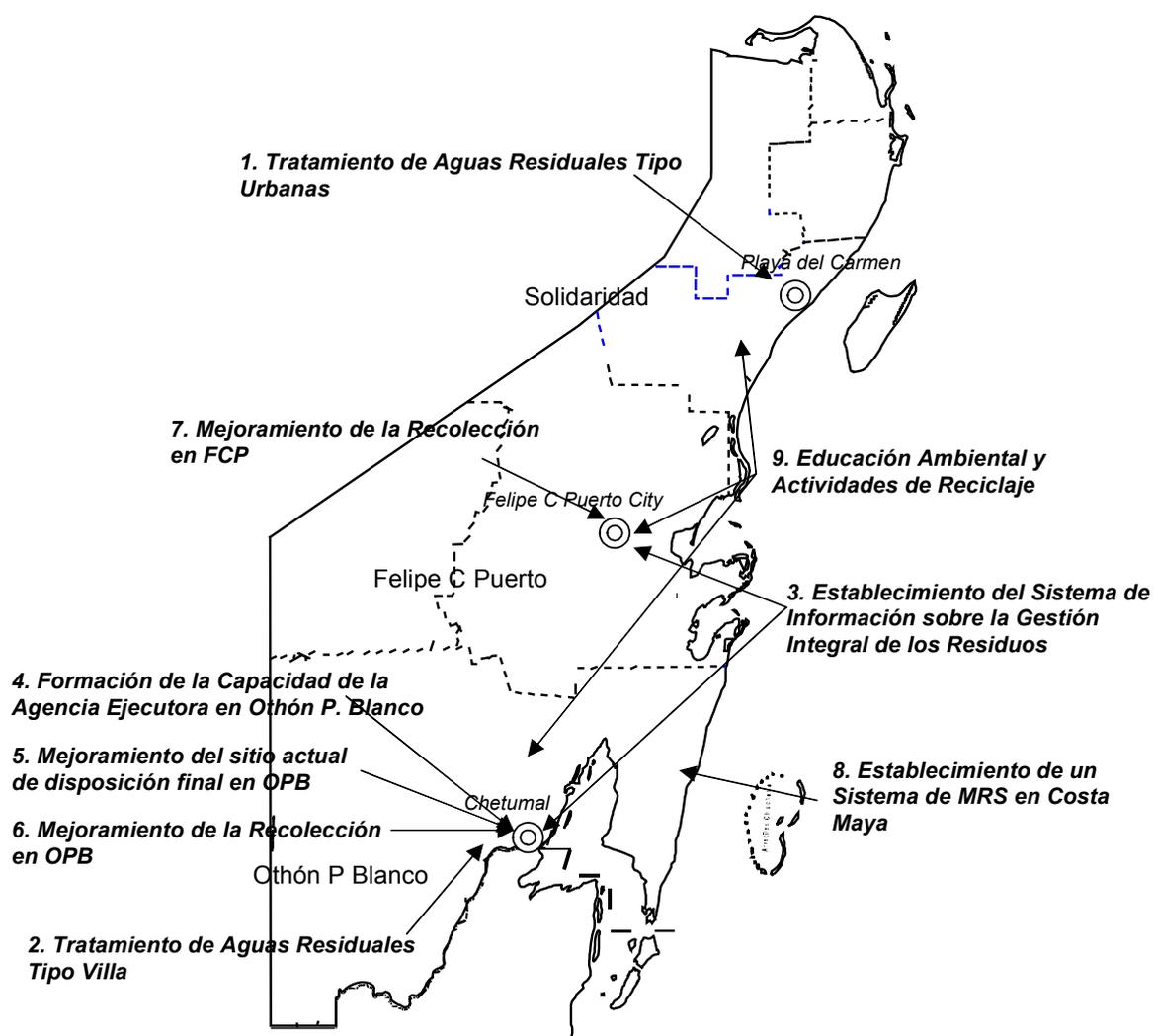


Figura 6: Mapa de Ubicación de los Proyectos Modelos

## 4.1 Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbano

### 4.1.1 Generalidades

Playa del Carmen, en el municipio de Solidaridad fue el sitio seleccionado para el proyecto. Para este Proyecto Modelo, se realizaron los siguientes componentes.

- Investigación Geofísica (sondeo electromagnético)
- Construcción de pozos de monitoreo
- Análisis de la calidad del agua
- Simulación del agua subterránea

Las conclusiones y recomendaciones derivadas de los trabajos antes mencionados son presentadas a continuación.

### 4.1.2 Conclusión

#### a. Distribution and Characteristics of Limestone Aquifer

- La geología sub-terránea del área de estudio puede ser dividida en 3 capas de resistividad, en otras palabras, U1, U2, y U3; dicha denominación puede considerarse que va desde la superficie hasta la parte inferior que alcanza este estudio, ubicada a unos 200 m de profundidad. Las capas de resistividad se encuentran ampliamente distribuidas en el área de estudio.
- La capa U1 tiene un espesor que va desde la superficie hasta una profundidad entre 20 – 25 metros. Esta capa esta compuesta de calizas de arrecife y arenisca calcárea. Esta formación es abundante en fracturas y cavidades y se torna en un acuífero de agua dulce.
- La capa U2 está compuesta de calizas, fracturas abundantes, y cavidades producidas por un alto desarrollo cárstico. La resistividad de dicha capa es menor a 4  $\Omega$ m. Las fracturas y las cavidades se encuentran saturadas con agua de mar y dicha capa constituye lo que se considera el acuífero de agua de mar. El espesor de la capa es de aproximadamente 50 m.
- La capa U3 está compuesta de calizas o calizas lodosas que presentan una resistividad cuyo rango va de 4 hasta 100  $\Omega$ m. Las facies de la capa de baja resistividad ( 4~25  $\Omega$ m) varían de lugar en lugar y consisten de una alternancia entre calizas duras y fracturadas. La capa de alta resistividad (más de 25  $\Omega$ m) no presenta mucho desarrollo

cárstico y se encuentra compuesta principalmente de calizas lodosas algo duras. Esta capa de alta resistividad se distribuye desde los 60 hasta los 110 m en el área de estudio. La perforación realizada en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) encontró la capa en mención a una profundidad de 62 m (Perforación P4). Esta capa es compacta y dura; la que representa un basamento hidrogeológico permeable o semi-permeable en el área de estudio.

- El nivel del agua subterránea en los sitios perforados varía entre 4 y 8 m bajo el nivel del terreno. El espesor del acuífero de agua dulce es de alrededor de 20 m, sin embargo, aumenta a más de 40 hacia el interior de la parte continental de acuerdo con el estudio geofísico. La presencia de agua salina bajo el agua dulce se observa a todo lo largo hacia el interior de la parte continental.
- De acuerdo con las pruebas de dilución, el rango estimado del coeficiente de permeabilidad en las capas U1 y U2 varía entre 1.1 y 22.0 cm/seg.

**b. Comportamiento de la Pluma de Agua Residual**

- El inventario de pozos de inyección de la CNA muestra que el número de pozos en el municipio de Solidaridad es 184 con base a las notificaciones. El volumen diario de inyección alcanza 73,051 m<sup>3</sup>, lo que conlleva a tener aproximadamente un promedio de 397 m<sup>3</sup>/día por pozo.
- El agua residual tratada está siendo inyectada en el pozo de inyección de CAPA en la PTAR de Playa del Carmen a una tasa de 3,880 m<sup>3</sup> por día (45 l/s). Además del pozo antes mencionado, existe otro pozo de inyección que es utilizado para inyectar una cantidad de agua residual sin tratar que equivale al excedente de la capacidad de tratamiento de la PTAR.
- Casi todos los pozos de inyección en el área de estudio tienen sus tuberías ranuradas en la capa U2 (acuífero del agua salina), la misma situación debe ocurrir para los de la PTAR, tomando en consideración las condiciones geológicas. Por otra parte, no existe ninguna capa impermeable significativa entre la capa U2 y la capa sobreyacente U1 (acuífero de agua dulce). En consecuencia, se infiere que el agua residual migra hacia estratos superiores que contienen agua dulce.
- De acuerdo con el modelo de flujo dependiente de la densidad, en el caso que la inyección se haga en un pozo construido a una profundidad de 100 m, entonces la pluma de agua residual inyectada en el acuífero de agua salina migraría hacia estratos superiores y afectaría el agua dulce.

**c. Calidad del Agua y su Potencial Contaminación**

- Al comparar la calidad del agua de los pozos de monitoreo con los valores guías para agua potable de la OMS, los valores de los parámetros Cl, Na y SDT exceden dichos valores guías en todos los pozos. Además, se encontró una alta concentración de NH<sub>4</sub> en los pozos de monitoreo de la PTAR; estos pozos podrían haberse contaminado como resultado de la inyección realizada por el pozo ubicado apenas gradiente arriba del lugar de monitoreo. Por otro lado, los pozos de monitoreo de la Colonia Ejidal, que es un área no cubierta con el sistema de alcantarillado, presenta altas concentraciones de NH<sub>4</sub> lo anterior indica cierto grado de contaminación como resultado de las actividades humanas. Además, se presentaron altas concentraciones de SO<sub>4</sub> en los pozos de monitoreo de la PTAR.
- No se detectó contaminación de tricloroetileno ni de minerales pesados.

**4.1.3 Recomendaciones**

- La contaminación del agua subterránea en lo que se define como acuífero de agua dulce se encuentra avanzando en las áreas urbanas costeras como resultado de la inyección de aguas residuales. Además, teniendo en cuenta que el agua subterránea es finalmente descargada en la zona costera, el medio ambiente de agua salina podría contaminarse en el futuro. Con el propósito de reducir la carga contaminante hacia el medio ambiente, es necesario establecer una norma de inyección y esta inyección debe ser controlada adecuadamente.
- El agua residual debería ser inyectada en una formación subyacente a la formación encontrada a mayor profundidad y que está caracterizada por lodos, una capa densa y dura que se considera es una capa confinante impermeable o semi-permeable. La zona de inyección, por el contrario, debe ser lo suficientemente permeable, porosa y gruesa para aceptar agua residual inyectada a la tasa de inyección propuesta, sin necesidad de requerir presión excesiva. Idealmente, la zona de inyección debería ser homogénea.
- Con el propósito de seleccionar una zona apropiada de inyección, el estudio geológico regional debería ser realizado en las áreas urbanas de los 3 municipios del área de estudio. El estudio debería consistir de los siguientes aspectos:
  - 1) Recopilación de datos, arreglo y mapeo hidrogeológico
  - 2) Investigación geofísica: para explorar la estructura de la resistividad y la interfase salina entre el agua dulce y la salina para cada área urbana.

- 3) Perforación y Registro Exploratorio: para investigar la velocidad de perforación, resistividad, potencial espontáneo de las formaciones, temperatura y conductividad eléctrica del agua subterránea, etc. La meta de perforación es de 400 m.
- El pozo de inyección debe ser diseñado y construido de manera tal que no permita que ningún fluido escape del flujo de inyección o que ningún fluido migre dentro de la perforación hacia el acuífero de agua dulce.
  - Se debería inmediatamente establecer un sistema para la elaboración de informes y de monitoreo de la operación y manejo de los pozos de inyección; así como el establecimiento de una norma relacionada a la zona de inyección, estructura del pozo, tasa de inyección, calidad del agua inyectada, etc.

## **4.2 Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa**

### **4.2.1 Generalidades**

Aunque la CAPA ha operado el sistema de aguas residuales en grandes ciudades como Chetumal y Playa del Carmen, ésta no tiene sistema alguno para comunidades pequeñas. Sin embargo, incluso en ciudades con instalación de sistemas de tratamiento, la conexión de las viviendas al sistema público de alcantarillado no ha sido extensa debido a razones económicas y a la existencia de las denominadas fosas sépticas, que en su mayoría son fosas de infiltración.

Lo mencionado anteriormente ha llevado a la situación en que inclusive una mayor inversión no causa efectos y el agua subterránea continúa estando constantemente contaminada. Con la finalidad de solucionar estos problemas, se planeó y llevó a cabo el Proyecto Modelo “Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa” en Subteniente López, Chetumal en el Municipio de Othón P. Blanco.

CAPA está construyendo una planta de tratamiento de aguas residuales y tuberías de drenaje en Subteniente López. El proyecto modelo pretende apoyar el proyecto de CAPA y asimismo pretende ganar experiencia que permita expandir posteriormente este sistema de tratamiento de aguas residuales a otras poblaciones. Los componentes que se planificaron para este proyecto fueron los siguientes:

- Diagnóstico de la nueva planta de tratamiento
- Preparación de un manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento
- Capacitación del personal de CAPA en relación a la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento

- Establecimiento de un fondo con el fin de asistir económicamente a los residentes para que conecten sus conexiones intra-domiciliarias con el alcantarillado público.
- Educación ambiental hacia los residentes para promover las conexiones.

#### **4.2.2 Resultados**

- Por medio de este Proyecto Modelo, 99 casas se conectaron con el alcantarillado público. Con el fin de promover las conexiones, las explicaciones para los residentes fueron acompañadas con educación ambiental, además, se estableció un fondo para asistirlos económicamente dentro de la estructura de CAPA.
- Por otra parte, se preparó un manual de operación y mantenimiento para el nuevo sistema de alcantarillado a pequeña escala. Con dicho manual, se le entregó al personal de CAPA capacitación relacionada a la operación y mantenimiento, así como conceptos de diseño y constructivos. CAPA ha recibido conocimientos técnicos en todos los aspectos antes mencionados.
- Los trabajos de construcción del sistema de alcantarillado, que eran responsabilidad de CAPA para este proyecto, sufrieron atrasos. En consecuencia, las actividades para el ajuste de la operación que tenían relación con el proceso de tratamiento biológico, y que estaban inicialmente consideradas dentro de este proyecto, no pudieron realizarse.

#### **4.2.3 Conclusiones y Recomendaciones**

Debido a los grandes retrasos en el sistema de alcantarillado, las metas iniciales no fueron alcanzadas. Sin embargo, parece que ahora CAPA es capaz de solucionar los problemas. Se espera que CAPA expanda el proyecto siguiendo el P/M en el Área de Estudio, utilizando esta experiencia.

##### **a. Trabajos de Conexión Intra-domiciliaria**

CAPA está ahora en la etapa de utilizar los recursos provistos por la JICA, al practicar de manera efectiva los métodos para alcanzar los acuerdos de contrato establecidos para este Proyecto Modelo. Esto lleva a la sugerencia de que los trabajos de conexión intra domiciliaria deberían de ser llevados a cabo no solamente dentro del área objetivo del Proyecto Modelo, sino que en un área más amplia del Área de Estudio, con el propósito de mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales.

La conexión intra-domiciliaria fue diseñada por CAPA para este proyecto modelo. Sin embargo, existen incongruencias entre el plan de CAPA y la realidad, lo cual causa problemas en los tiempos de construcción. Estos problemas podrían solucionarse a través de

la promoción de mayor diálogo con los residentes y, al mismo tiempo, estableciendo una nueva sección que esté a cargo de los contratos de conexión intra domiciliaria y diseño/construcción, esta sección estaría dentro de la misma CAPA.

#### **b. Instalación de Tratamiento**

Fue imposible para el Equipo de Estudio llevar a cabo la evaluación del rendimiento de la planta de tratamiento debido al gran retraso en la construcción del sistema de alcantarillado, aspecto del proyecto que estaba bajo la jurisdicción de CAPA. El Equipo de Estudio recomienda sobremanera que CAPA ejecute el monitoreo de acuerdo al manual preparado por el Equipo de Estudio y luego siga con la evaluación del rendimiento, y revisión del diseño de la planta, si se estima necesario.

Con la finalidad de evitar retrasos en los trabajos de construcción, se deberían tomar varias consideraciones o medidas; no solo por la habilidad de los constructores, sino debido a los tipos y métodos de estudio que preceden al diseño y la construcción; de manera tal, que los resultados de dichos estudios se reflejen en el diseño y la construcción; finalmente, la estimación de costos debería basarse en la planeación de la construcción y en la inspección del sitio después del contrato. Esto puede mejorarse a través de la práctica repetitiva del ciclo PDCI (por sus siglas en inglés), que significa Planea, Haz, Verifica, Mejora.

### **4.3 Establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos**

#### **4.3.1 Generalidades**

La nueva Ley General para la Preservación y Gestión de los Residuos, establece el funcionamiento de un Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos (SIGIR), con el objeto de constituir un mecanismo de coordinación e información entre los tres órdenes de gobierno en materia de la responsabilidad compartida, prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos.

Con el Proyecto Modelo se pretende cooperar en el establecimiento del Sistema de Información previsto en la Ley General, y, utilizar igualmente este sistema, como un instrumento para darle el seguimiento al desarrollo del Plan Maestro.

#### **4.3.2 Resultados**

- El SIGIR ha sido establecido en el SEDUMA y en los municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto.

- El personal de las tres organizaciones fue capacitado en el procesamiento y registro de la información; el sistema es utilizado como un instrumento para la consulta y coordinación de actividades entre las tres organizaciones.
- SEDUMA va a colocar una ventana en su página WEB relativa al SIGIR.
- La información procesada sería enviada al Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales que fuera creado por la Ley General Ambiental. Lamentablemente, este Sistema no ha sido puesto en funcionamiento; en coordinación con la C/P mexicana se acordó procesar la información y remitirla a la Delegación de la SEMARNAT en Quintana Roo.
- Ha quedado establecido con la C/P que la implementación del Plan Maestro será promocionada a través del SIGIR. Esta actividad será iniciada con el recibo oficial del Plan Maestro por las autoridades mexicanas.
- El SIGIR será el instrumento a ser utilizado en el monitoreo de la implementación del Plan Maestro.
- Otras organizaciones de los tres órdenes de gobierno, han manifestado su interés en participar en el SIGIR: FONATUR, BANOBRAS, CAPA, CNA, y otros municipios del estado.

#### **4.3.3 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **a. Conclusiones**

- El establecimiento del SIGIR responde a un mandato de la Ley General y a una evidente necesidad de crear una mayor sinergia entre los tres órdenes de gobierno para atender el manejo integral de los residuos sólidos en el ámbito de sus respectivas competencias.
- Las organizaciones enlazadas por la red concuerdan en la importancia del SIGIR como un mecanismo de información y coordinación entre ellas.
- El SIGIR es el instrumento idóneo para informar al público y lograr la participación general en materia de la responsabilidad compartida, prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos.

##### **b. Recomendaciones**

- Asignar en forma permanente un operador para el SIGIR en cada organización participante.

- Rutinariamente preparar y enviar al Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales la información prevista por la Ley General. La Delegación de la SEMARNAT en Quintana Roo recibiría y registraría la citada información mientras se activa el Sistema Nacional.
- En cuanto se disponga del programa de implementación del Plan Maestro se daría inicio al monitoreo del mismo.
- El SIGIR debería incorporar a otras organizaciones de los tres órdenes de gobierno y en especial al resto de los municipios del Estado de Quintana Roo en materia del manejo de los residuos sólidos.
- El SIGIR podría enlazar a las organizaciones que tendrán a su cargo la implementación del Plan Maestro en materia del manejo de las aguas residuales y la protección del acuífero en especial y el ambiente acuático en general.
- El SIGIR puede ser el instrumento idóneo para iniciar la estructuración de la Unidad Ejecutora del Plan Maestro. Se sugiere a la SEDUMA como órgano coordinador para esta Unidad Ejecutora.
- La JICA debería de considerar un enlace electrónico con el SIGIR y la posible Unidad Ejecutora, con el propósito de dar seguimiento y asistencia a la implementación del Plan Maestro durante el periodo de ejecución (2004-2015).

## **4.4 Formación de la Capacidad de una Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco**

### **4.4.1 Generalidades**

El aspecto ingresos del problema financiero es probable que tenga una solución política, ya que una reciente Ley Federal (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos) del 8 de Octubre del 2003 estableció el pago de las tarifas como una obligación de todos los usuarios del servicio de MRS. De acuerdo con esta nueva Ley Federal, el Equipo de Estudio preparó un reglamento municipal sobre el MRS en el Área de Estudio, y cuando este reglamento sea aprobado y promulgado por alguno o todos los Municipios en el Área de Estudio, todos los usuarios del servicio de MRS – incluyendo los usuarios residenciales – en un Municipio tendrán la obligación de pagar las tarifas correspondientes. Si las tarifas de MRS se establecen en niveles apropiados y se actualizan periódicamente, se puede esperar un mejoramiento en los ingresos como resultado de la aplicación del reglamento propuesto sobre el manejo de los residuos sólidos.

En consecuencia, el Equipo de Estudio consideró que una comprensión mejorada del costo de MRS por parte de los funcionarios del H. Ayuntamiento de OPB debería recibir mayor prioridad, tomando en consideración los siguientes hechos: (1) no existe una contabilidad de costo específica para el MRS; (2) la estimación de costos del MRS no constituye una operación rutinaria, requiriendo de un pedido especial a Contabilidad; (3) la estimación de costos del MRS se basa en la identificación de cuentas del presupuesto gubernamental; (4) existe dificultad en el monitoreo temporal de los costos del MRS debido a la escasez de datos cuantificados (por ejemplo costo por tonelada de basura recolectada), y (5) la ausencia de indicadores de desempeño dificulta enfocar y guiar las posibles medidas de mejoramiento.

Este Proyecto Modelo apuntó a establecer una manera de calcular y controlar el costo del manejo de los residuos sólidos de una manera rutinaria por medio de la introducción del programa COSEPRE.

#### **4.4.2 Resultados**

- Se ha establecido un mecanismo de captura de los datos necesarios que se encuentran en poder de las otras dependencias municipales, y se han establecido los canales de comunicación y cooperación que han mejorado notablemente durante la ejecución del Proyecto Modelo.
- Los datos capturados muchas veces requieren de procesamientos previos para el ingreso al programa, y con el fin de facilitar este procesamiento se han preparado los cuadros o formatos necesarios.
- El procesamiento referido arriba requiere de unos criterios, a veces contables, otras veces basados en la realidad, los cuales se han transmitido a las funcionarias municipales designadas para la ejecución del Proyecto Modelo.

#### **4.4.3 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **a. Conclusiones**

- Se ha inculcado entre los funcionarios municipales concernientes la conciencia sobre la necesidad de encarar el servicio de MRS en base a los costos e ingresos específicos del servicio.
- El programa recomendado COSEPRE está siendo utilizado provechosamente en la Dirección de Desarrollo Urbano del H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco.
- Se han establecido canales de comunicación y cooperación entre las diferentes dependencias del gobierno municipal.

- Los resultados obtenidos del programa están siendo analizados para su aplicación práctica en el mejoramiento de los servicios de MRS.

**b. Recomendaciones**

- El uso del programa COSEPRE debería ser extendido a otras oficinas municipales, especialmente a las de Contabilidad y Finanzas, y los funcionarios municipales interesados deberían ser brindados la oportunidad de aprender y usar este programa.
- El sistema de captura de datos para el programa COSEPRE debe ser continuamente mejorado de acuerdo a la experiencia acumulada por parte de los operadores del programa.
- Los resultados obtenidos deberían ser objeto de discusión entre los responsables directos del servicio de MRS y los representantes de finanzas, contabilidad, recursos humanos, desarrollo urbano, y educación. La clara comprensión de los objetivos que se buscan con la aplicación del programa COSEPRE puede mejorar la cooperación que se necesita entre las diversas dependencias municipales.
- Se debería buscar el mejoramiento continuo de la cooperación e intercambio de informaciones entre las diversas dependencias municipales.
- El programa “Costos de MRS” está escrito en Microsoft Access, y debería ser mejorado y modificado a fin de adaptarlo a las necesidades peculiares del municipio de acuerdo a la experiencia acumulada y a las necesidades que puedan surgir.

## **4.5 Mejoramiento del Sitio de Disposición Final en el Municipio de Othón P Blanco**

### **4.5.1 Generalidades**

Todos los residuos sólidos que se generan en la ciudad de Chetumal, actualmente son llevados al sitio de disposición de Calderitas. Los residuos depositados en este sitio se encuentran diseminados por toda el área sin material que los cubra. Como resultado, la lluvia penetra en los residuos generando una gran cantidad de lixiviados, los cuales son potenciales contaminantes de las aguas subterráneas.

Aunado a lo anterior, el sitio no contaba con instalaciones que permitieran conocer la cantidad de residuos que ingresan. La falta de información al respecto, como por ejemplo, el peso de los residuos, dificulta la evaluación de las condiciones actuales y el manejo exitoso de los residuos sólidos.

Este proyecto modelo se conformó con el propósito de resolver los problemas antes mencionados, en estrecha colaboración de los especialistas del Equipo de Estudio de JICA y el equipo de C/P. Los componentes planificados del proyecto fueron los siguientes.

- Mejoramiento del sitio existente de disposición final por medio de la construcción de diques, compactación de residuos, cobertura de los residuos con suelo, y la instalación de tuberías para la evacuación de gases.
- Transferencia de tecnología para la operación apropiada de un relleno con la entrega de su respectivo manual de operación.
- Introducción de un sistema de pesaje para el residuo que ingresa al sitio por medio de la instalación de una báscula camionera.

#### **4.5.2 Resultados**

Los siguientes son los principales resultados.

- Se ha reducido la cantidad de lixiviado generado por medio de la compactación adecuada de los residuos y su cobertura con suelo.
- El acceso al sitio ha mejorado como resultado de la construcción del camino perimetral.
- Se ha definido la cantidad de residuo que ingresa al sitio por medio del uso de la báscula.
- La cantidad de moscas y aves ha disminuido notablemente después de los trabajos de mejoramiento.

#### **4.5.3 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **a. Conclusiones**

Este proyecto parece ser un éxito completo. La clara diferencia entre el sitio mejorado y la manera anterior de descarga es fácilmente percibida. Además, por medio de este proyecto el personal operativo ha adquirido habilidades y conocimientos sobre la manera adecuada de operar un relleno y su importancia ha sido inculcada a otras personas relacionadas con el municipio y otras instituciones.

Se asumió que la cantidad de residuos era 100 ton/día en peso o 200 m<sup>3</sup>/día en volumen, después de su compactación. Sin embargo, la cantidad real de residuos se determinó en 162 ton/día o 324 m<sup>3</sup>/día en promedio, lo cual es un poco mayor de lo estimado. Los resultados

indican que el vertedero rebasará su capacidad antes de alcanzar su vida útil que fue estimada en 5.1 años.

Aunque el proyecto modelo ha sido exitoso dentro de sus propios términos, aún persisten dudas en que el relleno sanitario sea exitoso después de su entrega. Aparentemente, el municipio experimenta falta de presupuesto para cubrir esta área, ésta es probablemente una de las razones por las que un buldózer en el sitio se ha descompuesto ocasionalmente y no se ha reparado en el tiempo requerido.

#### **b. Recomendaciones**

Con la finalidad de utilizar al máximo la capacidad del relleno sanitario, se deberían fomentar con mayor perioricidad los trabajos de compactación de residuos y cobertura con tierra. Algunas acciones deberían tomarse inmediatamente para que las maquinarias de disposición se mantengan al día con sus cargas diarias. Además, un curso de inspección y mantenimiento es un componente importante para la operación de la maquinaria.

E municipio ha fortalecido su capacidad para operar el sitio de disposición de manera propia a través de la implementación del proyecto modelo. Ésta es una indicación de que el municipio está técnicamente preparado para operar el relleno sanitario y, probablemente, sea el mejor momento para reconsiderar el proyecto que se suspendió relacionado a la construcción de un nuevo relleno sanitario, en el área adyacente al sitio de disposición existente.

## **4.6 Mejoramiento del Servicio de Recolección en Othón P. Blanco**

### **4.6.1 Generalidades**

En términos generales, podemos decir que el servicio de recolección a cargo de la Dirección de Servicios Públicos Municipales, es eficaz, dado que logra recolectar la mayor parte de los residuos que se generan en el área de cobertura, sin embargo, no es eficiente, debido al bajo rendimiento logrado en el uso de los recursos, lo que repercute en los costos del servicio.

Dicha ineficiencia se debía, en gran parte, a causa de la falta de planeamiento y diseño del servicio. Lo anterior aumenta considerablemente los costos del servicio, y reduce las posibilidades de aumentar la cobertura del servicio por falta de presupuesto.

Para revertir la situación actual, es conveniente impulsar un proyecto orientado a mejorar el servicio actual de recolección, logrando una eficiencia tal que permita en corto plazo reducir considerablemente los costos del servicio y aumentar la calidad del mismo, reforzar la organización del sistema de modo que el manejo de los residuos se diseñe en forma integral y

así lograr una mejor distribución de los recursos que permitirá aumentar la cobertura hacia localidades más periféricas.

Los componentes planificados para este Proyecto Modelo son los siguientes.

- Preparación de un manual para la planificación y diseño de las rutas de recolección
- Transferencia de tecnología para planificar y diseñar rutas, asistidos con el manual preparado
- Establecimiento de una manera para generar datos operativos del servicio de recolección.

#### **4.6.2 Resultados**

- Por medio de la optimización de rutas, el tiempo total de operación de los camiones se redujo en 11%; las horas pagadas al personal operativo fueron reducidas en 11%; la totalidad de toneladas recolectadas por hora aumentaron en 3% como valor medio y en 10% como valor máximo; las toneladas recolectadas por asistente aumentó en 8% y en 3% como promedio. Estos resultados reflejan una reducción en los costos directos del servicio.
- La Dirección de Servicios Públicos Municipales incorporó dentro de su proceso administrativo y operacional el uso de la "hoja de ruta" para el levantamiento de la información de todas las rutas de recolección. Se diseñó y entró en operación dos libros de cálculo en formato excel los que permiten el ingreso de la información levantada en la hoja de ruta, consolidación de la información por ruta y vehículo, cálculo de los recursos utilizados (mano de obra, vehículo) y cálculo de indicadores de calidad. Estos instrumentos son utilizados para todo el servicio.
- Entró en operación la aplicación de indicadores de calidad para todas las rutas, se establecieron valores metas para cada uno de ellas y se diseñó un cuadro de prioridades para la optimización de las rutas.
- La D:S.P.M. decidió confeccionar un informe mensual con el detalle de la operación del servicio de recolección, incluyendo un análisis de eficiencia del mismo. El propósito de ello es evaluar el servicio y tener los antecedentes necesarios para efectuar cambios y elaborar presupuestos.
- Se elaboró un manual de procedimientos para la optimización de rutas de recolección. Además, Se elaboró un instructivo para el ingreso de datos y el uso de los libros de cálculo. Se entrenó al personal en el uso de ambos documentos.

- Se fortalece la coordinación entre el municipio y las pequeñas localidades. Se realizaron reuniones de coordinación entre los entes involucrados y se creó la Unidad Técnica. Las localidades están operando con la hoja de ruta, realizando el monitoreo de las rutas y remitiendo los datos a la D.S.P.M. La D.S.P.M. está dando el soporte técnico a las localidades para la optimización del servicio.

### **4.6.3 Conclusiones y recomendaciones**

#### **a. Conclusiones**

El Proyecto Modelo ha mostrado la posibilidad de mejorar considerablemente el servicio por medio de un plan racional de recolección, lo que le permitirá no sólo aumentar la eficiencia y calidad del servicio sino además alcanzar un adecuado nivel de competitividad, y lograr una importante reducción de los costos.

Durante el desarrollo de la experiencia han quedado en evidencia una serie de problemas que afectan la calidad y eficiencia del servicio, y que no guardan relación con el diseño del mismo, sino con actividades paralelas que realizan los conductores y recolectores. Estos problemas deben ser eliminados antes de la optimización de rutas y para así lograr un resultado efectivo.

Además de aumentar la eficiencia del servicio, también se ha mejorado la calidad del mismo, cumpliendo con los días de atención y horarios establecidos y efectuando una recolección óptima, donde después de efectuado el servicio no se observan residuos dispersos en las calles. Estos logros han sido posible debido a la constante participación de todo el personal que formó parte de este proyecto modelo, quienes pusieron en práctica los conocimientos adquiridos a través del programa de capacitación. La adecuada diagramación y el control diario de los parámetros monitoreados por parte del personal técnico, permitió hacer los ajustes necesarios en las rutas. La constante fiscalización de las rutas, aseguró el cumplimiento de los recorridos y con ellos la cobertura del servicio. Por último, la correcta ejecución de la ruta, del levante y carga de residuos, incidieron fuertemente en el aumento de los rendimientos y efectividad del servicio.

La D.S.P.M ha coincidido en la importancia de optimizar el servicio y en la necesidad de formular en corto plazo un cobro por el servicio de aseo, que le permitirá asegurar la sostenibilidad del mismo.

Las alcaldías están interesadas en mejorar y controlar el servicio de recolección y están dispuestas a cooperar con la D.S.P.M. para alcanzar el objetivo.

## **b. Recomendaciones**

Con el fin de aumentar la eficiencia del personal, se recomienda modificar el sistema de pagos. Lo anterior puede llevarse a cabo porque el nuevo sistema de control de rutas permite conocer las horas que fueron efectivamente trabajadas.

Se recomienda eliminar la asignación de una cantidad fija de combustible por vehículo, que impide cualquier control sobre el recurso. En la actualidad hay variaciones sobre el 20% de consumo para un mismo vehículo, lo que impacta fuertemente los costos del servicio.

Se recomienda efectuar una mayor fiscalización en terreno de las rutas, con el de asegurar el cumplimiento de los recorridos.

Se recomienda realizar una recolección separada de los residuos domésticos y los residuos vegetales (en especial los derivados de poda) con el fin de mejorar la eficiencia de recolección y evitar daños al equipo compactador.

Se recomienda adquirir nuevos camiones para reemplazar los camiones tipo llaverito y volquete, dado su bajo rendimiento y que no son aptos para el servicio que actualmente realizan.

## **4.7 Mejoramiento del Servicio de Recolección en Felipe Carrillo Puerto**

### **4.7.1 Generalidades**

El municipio de Felipe Carrillo Puerto, presentaba una baja cobertura en el servicio de recolección de residuos municipales (domiciliarios, comerciales, institucionales, etc.). Las razones de esta baja cobertura, están relacionadas con el reducido presupuesto que dispone el municipio para estas actividades, entre el 10 al 12% del presupuesto total, lo que resulta en el mal estado de los vehículos de recolección y la inexistencia de planeamiento del servicio.

Era evidente que la planeación del servicio de recolección no existía; además, la auditoría del servicio y estudios para obtener información no eran realizados adecuadamente. Esta situación podría revertirse si se implementaba un programa que apuntara a mejorar el servicio de recolección. El modelo propuesto se enfocó a lograr dicha mejoría a través de las siguientes fases:

- Diseño del servicio de recolección a través de un criterio técnico,
- Implementación de rutas de acuerdo al diseño propuesto
- Preparación de un Plan para expandir la cobertura

- Preparación de un Manual, que constituirá la herramienta básica para expandir la experiencia a las otras localidades.

#### **4.7.2 Resultados**

- Se puso en operación un nuevo servicio de recolección para Felipe Carrillo Puerto cuyo diseño se basó en criterios técnicos, que permitieron el uso óptimo de los recursos disponibles.
- El número de usuarios que es atendido por el nuevo sistema de recolección es un poco mayor a 16.000 habitantes lo que representa un incremento de la cobertura en la ciudad de F.C.P. del 78%.
- La Dirección de Servicios Públicos Municipales incorporó dentro de sus procesos administrativos y operacionales el uso de la Hoja de Ruta, que permite el levantamiento de información de campo del servicio. Se diseñó y entró en operación una planilla computacional para el ingreso y manejo de los datos obtenidos a través de la hoja de ruta y una planilla para la consolidación de la información y el cálculo de los indicadores.
- Entró en operación el uso de indicadores, fijando para cada uno de ellos valores metas y por los cuales se evalúan mensualmente las rutas, y se efectúan las correcciones necesarias. El Municipio decidió incorporar a la Dirección de Servicios Públicos Municipales un técnico el que está a cargo del manejo computacional y procesamiento de la información de campo, de la elaboración de informes mensuales, y de la evaluación de las rutas a través del uso de indicadores.
- El número de horas trabajadas al mes disminuyeron, al igual que el número de viajes.
- El personal de D.S.P.M. está capacitado para efectuar el diseño del servicio de recolección, pudiendo extender la experiencia a otras áreas de la ciudad o comunidades.
- Se elaboró un manual de procedimientos para el diseño del servicio de recolección y optimización de rutas de recolección. Se elaboró un instructivo para el ingreso de datos y el uso de las planillas de cálculo. Se entrenó al personal técnico en el uso de ambos documentos.

### 4.7.3 Conclusiones y recomendaciones

#### a. Conclusiones

- Las autoridades del Municipio han coincidido que el adecuado manejo de los residuos les permitirá mejorar las condiciones de vida de la comunidad, reducir las enfermedades gastrointestinales y minimizar los impactos negativos sobre el medio acuático.
- La implementación del proyecto modelo ha generado una cultura del manejo de residuos tanto en la D.S.P.M. como en la comunidad. La comunidad se encuentra conciente sobre la importancia del manejo adecuado de residuos y es capaz de colaborar con las actividades realizadas por el municipio en este sentido
- Con el nuevo sistema adoptado por la D.S.P.M. para desarrollar y controlar el servicio el H. Ayuntamiento está en condiciones de estudiar una tarifa de cobro para éste, de modo de obtener los ingresos que requiere para efectuar la reposición de los equipos y aumentar la cobertura a otras comunidades.
- El adecuado diseño del servicio y control del mismo ha demostrado al municipio que es un mecanismo eficiente a través del cual se puede aumentar la cobertura de atención.

#### b. Recomendaciones

- Es importante estudiar técnicamente y aplicar en el corto plazo una tarifa de cobro del servicio. Una buena alternativa es cobrar en una primera instancia al sector comercio y grandes generadores y posteriormente a la comunidad. En este último caso, el cobro puede estar asociado a la aplicación de un subsidio dirigido exclusivamente al sector de más bajos ingresos.
- Aprobar y aplicar en corto plazo el Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los residuos Sólidos Urbanos.
- Comprar dos camiones compactadores y mejorar el estado mecánico de los dos camiones existentes.
- Mejorar la operación del tiradero donde se depositan los residuos. Es indispensable que en forma paralela al mejoramiento y aumento de cobertura del servicio de recolección se mejore la disposición final.
- Las condiciones actuales de operación representan un riesgo serio para el medio ambiente. En este sentido, se recomienda que el municipio destine de manera regular

equipo para acomodar los residuos con el fin de minimizar el área contaminada por residuos y la generación de moscas.

## **4.8 Establecimiento de un Nuevo Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya**

### **4.8.1 Generalidades**

La Costa Maya se extiende en el sur de Quintana Roo y su desarrollo turístico es considerado como un medio para lograr el crecimiento de la economía en el área.

Se pretende desarrollar la Costa Maya considerando un tipo de turismo de bajo impacto y baja densidad con un destino exclusivo. Estaría específicamente enfocado hacia pequeños grupos que visiten las reservas, playas, arrecifes, sitios arqueológicos, hoteles que armonicen con el ambiente natural, en resumen, un desarrollo sostenible.

El Proyecto Modelo se orientó a desarrollar una cultura de minimización. Este paso inicial ha abierto la puerta para lograr la responsabilidad compartida, la prevención de la generación, la valorización y gestión integral de los residuos que se establece en la nueva Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Diario Oficial de la Federación 08 de octubre de 2003).

Los componentes de planificación para este Proyecto Modelo fueron los siguientes:

- Formulación de un marco institucional para el manejo de los residuos sólidos
- Introducción de una cultura de minimización de residuos, tales como actividades de reciclaje y compostaje
- Mejoramiento del sitio existente de disposición

### **4.8.2 Resultados**

- Ha sido creada una “Comisión para el Manejo de Residuos Sólidos en Mahahual (CRSM)” que está conformada por residentes del área. El Municipio de Othón P. Blanco la ha reconocido y ha aprobado un “Reglamento Comunitario para la Recoja, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos en Mahahual.”
- El Municipio ha decidido estructurar una unidad administrativa encargada del desarrollo de la Costa Maya.
- Se instaló en la calle principal cinco estaciones de separación de residuos. Los turistas hacen uso de la infraestructura para la descarga separada.

- Se dotaron de composteras a un grupo de restaurantes para iniciar un programa de manejo de la materia orgánica. La experiencia no resultó positiva por el alto contenido de humedad de los residuos. En la Tele secundaria se construyó una compostera para recibir los residuos de los restaurantes. La experiencia ha sido exitosa. Los alumnos planean la habilitación de un huerto escolar utilizando la composta producida.
- La empresa ECOCE inicia sus negociaciones con la CRSM para recoger todos los envases de PET que se obtengan.
- Se construyó un relleno sanitario manual. El Municipio se hará cargo de la operación.
- El Municipio ha iniciado las gestiones ante FONATUR para lograr el financiamiento de la construcción de un relleno sanitario para atender a toda la Costa Maya.
- El Municipio ha iniciado el cobro por los servicios de manejo de los residuos sólidos a los comercios y a la empresa propietaria del muelle de cruceros (Puerto Costa Maya). Está en preparación una estructura tarifaria que asegure la sostenibilidad financiera del sistema.

#### **4.8.3 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **a. Conclusiones**

- La estrategia y las medidas propuestas en el P/M se están cumpliendo.
- La comunidad de Mahahual está incorporando la práctica de la minimización en el manejo de sus residuos sólidos.
- Las autoridades a los tres niveles de gobierno han llegado a un acuerdo sobre la importancia de la minimización de residuos para la protección efectiva del medio ambiente acuático de los impactos que podrían causar los residuos manejados en Costa Maya.
- La información y coordinación entre los tres órdenes de gobierno es aún débil.

##### **b. Recomendaciones**

- La implementación del Plan Maestro debe ser considerada como un objetivo de las políticas públicas de los tres órdenes de gobierno. Se deben aplicar las regulaciones establecidas en la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.” Las autoridades municipales deben considerar la aprobación del proyecto de “Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.” Los aspectos antes mencionados serán elementos básicos para establecer un robusto manejo de los residuos sólidos en la Costa Maya.

- El Municipio de Othón P. Blanco debería incorporar las recomendaciones del P/M en la revisión del “Programa de Desarrollo Urbano de Mahahual” y debería estructurar una unidad administrativa que asuma la responsabilidad del manejo de los residuos sólidos en la Costa Maya.
- Reconocer oficialmente y apoyar a la Comisión para el Manejo de los Residuos Sólidos de Mahahual y aplicar el “Reglamento Comunitario para la Recoja, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos en Mahahual.”
- Apoyar la iniciativa de FONATUR de financiar el nuevo relleno sanitario y las estaciones de transferencia en la Costa Maya.
- Convocar al sector privado a participar en las actividades de la minimización de los residuos sólidos tomando el ejemplo de ECOCE.
- Estructurar y aplicar las tarifas justas y equitativas que permitan atender el costo de la prestación de los servicios de manejo de los residuos sólidos.

## **4.9 Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje**

### **4.9.1 Generalidades**

A nivel estatal existe la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, la cual incluye varios artículos relacionados a la educación ambiental. Al respecto, existen muchas instituciones que están realizando programas de educación ambiental, sin embargo, no existe una coordinación entre ellas; por lo tanto, la educación ambiental no adquiere las dimensiones de difusión y prácticas enfocadas a la problemática de un manejo adecuado de los residuos sólidos y las aguas residuales. No se fomenta el reciclaje de materiales a nivel de gobiernos (estatal y municipal) sino que esta actividad es practicada informalmente por algunas personas del sector privado.

Bajo estas circunstancias, este Proyecto Modelo apuntó a proveer un programa educativo que familiarizara a los niños con la importancia de la conservación de recursos y el reciclaje a través de la coordinación armónica de diversas instituciones. Los componentes de planeamiento de este Proyecto Modelo fueron los siguientes.

- Formulación de un programa de educación ambiental
- Preparación de materiales educativos, tales como videos, textos, y posters
- Capacitación del personal de contraparte y profesores de escuelas, en relación a la implementación del programa de educación ambiental

- Realización de clases de educación ambiental en las escuelas primarias
- Introducción de actividades de reciclaje en las escuelas primarias

#### **4.9.2 Resultados**

- Se ha estructurado un equipo de trabajo integrado por personal de la SEDUMA, OPB, y CAPA, de este equipo se ha obtenido un compromiso por darle continuidad al proyecto modelo y a las actividades de reciclaje.
- El personal de C/P (OPB, FCP, CAPA, y SEDUMA) fue entrenado en educación ambiental por medio de sesiones y talleres. A su vez, este personal de C/P que fue entrenado entrenó a profesores de escuelas primarias para llevar a cabo clases experimentales con los estudiantes. Posteriormente, clases experimentales en educación ambiental fueron realizadas en las escuelas.
- Actividades de reciclaje tuvieron lugar en las escuelas primarias. El sector privado (compañía de reciclaje) participó en actividades de reciclaje de papel.

#### **4.9.3 Conclusiones y Recomendaciones**

##### **a. Conclusiones**

- La estrategia y las medidas propuestas en el P/M, asociadas a la educación ambiental, se están cumpliendo.
- Con la aplicación del Proyecto Modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje, la C/P formó un Equipo de Trabajo en el cual las instituciones pueden compartir sus experiencias y enriquecer las acciones e impacto del proyecto en el Estado.
- Este Equipo de Trabajo (Unidad Ejecutora de Educación Ambiental) ha llevado a cabo el programa de actividades de educación ambiental a corto plazo (talleres de capacitación a maestros, clases experimentales y otras actividades relacionadas con gran éxito.
- La comunidad escolar está incorporando la práctica de minimización de residuos a través del reciclaje de papel.
- La coordinación entre las empresas privadas, las escuelas y las instituciones es aún débil.

**b. Recomendaciones**

- Conformar y consolidar en forma permanente la Unidad Ejecutora, siendo la SEDUMA el órgano coordinador.
- Implementar un sistema de monitoreo para el programa de educación ambiental y actividades de reciclaje.
- Incorporar de manera permanente la participación de la Secretaría de Educación dentro de la Unidad Ejecutora.
- Fomentar e institucionalizar actividades de reciclaje a nivel del estado.
- Obtener incentivos y financiamientos para reforzar las actividades de educación ambiental con la participación y apoyo del sector privado.

## 5 Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

#### 5.1.1 Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero

##### a. Qué se entiende por Medio Ambiente Acuático Costero?

La topografía cárstica de la Península de Yucatán, con características permeables y de alta disolución, conlleva a la creación de un medio ambiente acuático costero único, compuesto por arrecifes, lagunas, manglares, cuevas, y cenotes. Debido a lo anterior, no existen en el Área de Estudio ríos superficiales, con excepción del Río Hondo que corre a lo largo de la frontera entre México y Belice. En general, el agua pluvial se infiltra y fluye de manera subterránea, para finalmente desembocar en el área costera. En concreto, se puede establecer que el agua subterránea fluye a través de conexiones directas hacia el medio ambiente acuático costero y alimenta su riqueza ya existente. Por lo tanto, es razonable comprender la inclusión del agua subterránea dentro del concepto de medio ambiente costero para el Área de Estudio en cuestión.

##### b. Valor del Medio Ambiente Costero Acuático

Se puede considerar que el medio ambiente acuático costero antes mencionado se extiende desde Cancún hasta la Costa Maya para el caso del Estado de Quintana Roo. El medio ambiente acuático es importante como recurso turístico y hábitat para diversas especies. Además, el agua subterránea es indispensable para la subsistencia humana, teniendo en cuenta que es la única fuente de abastecimiento de agua para el Estado.

Más aún, se debe considerar que la industria turística no es sólo importante para el Estado de Quintana Roo, sino para toda la República Mexicana. De hecho, el ingreso de divisas derivado del turismo se ubica en tercer lugar, sólo detrás de los provenientes del petróleo y las remesas familiares que los nacionales envían desde el exterior. A manera de ejemplo, en el año 2000 la industria turística representó un ingreso para la nación de 8,300 millones de dólares, un tercio de ese monto provino del Estado de Quintana Roo. Además, el turismo crea oportunidades de trabajo, por lo tanto, también se torna en un eje importante de la economía regional.

Por otro lado, este medio ambiente acuático costero único puede servir de hábitat a diversas especies de animales y plantas. Alrededor de 670 especies de animales y 1,500 especies de plantas pueden encontrarse en el Estado, incluyendo especies en peligro como el manatí, el jaguar, y las tortugas verdes.

**c. Amenazas al Medio Ambiente Acuático Costero**

Como se mencionó con anterioridad, el medio ambiente acuático enfrenta diversas amenazas como resultado de la rápida urbanización que tiene lugar como parte del desarrollo turístico. Las amenazas pueden dividirse en interrupciones directas e indirectas del medio ambiente. Ejemplos de interrupciones directas pueden considerarse desarrollos de viviendas, construcción de caminos, y construcción de hoteles; mientras que interrupciones indirectas pueden considerarse la sobre-explotación de las aguas subterráneas y la contaminación de las mismas como resultado de una inadecuada disposición de las aguas residuales y los residuos sólidos.

En relación a la interrupción ambiental directa, se estima que los POET (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial), que es un tipo de ordenanza para zonificar, funciona como una herramienta útil. En el Área de Estudio existen tres áreas que son reguladas por un POET; ellas son Costa Maya, la biosfera de Sian Ka'an, y el corredor Cancún – Tulum. Además, se encuentra en preparación un nuevo POET que regularía el área de Bacalar.

Por otra parte, las medidas que han sido tomadas por el Estado y los municipios son insuficientes para hacerle frente a los problemas de abastecimiento de agua, aguas residuales, y disposición de residuos sólidos que han surgido como consecuencia del rápido crecimiento poblacional y de turistas. Por lo tanto, se teme que está ocurriendo una rápida y seria interrupción ambiental indirecta.

El objetivo del presente Estudio fue formular un Plan Maestro de Saneamiento Ambiental que apunte a preservar el medio ambiente acuático costero a lo largo de la costa del Estado de Quintana Roo en la Península de Yucatán, dicho plan tendría que hacerle frente también a la interrupción ambiental indirecta antes mencionada.

**5.1.2 Preservación del Agua Subterránea**

**a. Amenazas para el Agua Subterránea**

El agua subterránea alimenta el medio ambiente acuático costero que es un recurso importante para el turismo y hábitat para diversas especies de animales y plantas; asimismo, es fuente única para abastecimiento de agua en la Península de Yucatán.

La capa del agua dulce en la península es delgada debido a la intrusión del agua de mar. En efecto, en áreas cercanas a la línea costera, el agua subterránea se torna salina a 5 o 10 metros bajo el nivel estático del agua. La mayoría de pozos de extracción para abastecimiento de agua se encuentran ubicados entre 20 y 30 km de la línea costera donde el agua dulce es extraída hasta una profundidad de 50 m o más, sin embargo, cualquier sobre-explotación podría causar salinización localizada.

Por otra parte, se estima que la amenaza más seria para el agua subterránea está representada por el agua residual generada por viviendas y hoteles. En este sentido, debe observarse que las tasas de cobertura en el Área de Estudio son muy bajas, siendo de 16% para Othón P. Blanco, 1% para Felipe C. Puerto, y 5% para Solidaridad. Incluso para áreas que tienen cobertura del sistema de alcantarillado, los residentes se muestran renuentes para conectar sus drenajes internos domiciliarios con el servicio público de alcantarillado debido a razones económicas. Más aún, debido a la ausencia de ríos superficiales, el agua residual tratada por las plantas es descargada en la parte salina del acuífero, lo que conlleva a la contaminación del agua subterránea.

En relación al manejo de los residuos sólidos, se considera que los trabajos de recolección en comunidades urbanas en Othón P. Blanco y Solidaridad se han estado ejecutando relativamente bien. Sin embargo, la disposición de los residuos es inadecuada, esta situación puede estar causando una generación considerable de lixiviados que posteriormente contaminan el agua subterránea.

La industria de servicios que se enfoca en el turismo es la más importante en el Área de Estudio. La industria manufacturera no se ha desarrollado aún y la agricultura no es una actividad extendida en el Estado. Por lo tanto, se supone que las principales fuentes de contaminación del agua subterránea son las aguas residuales y los residuos sólidos generados por los pobladores del estado y los turistas que lo visitan. El Estudio ha estimado que 60% de la carga contaminante proviene las aguas residuales y el 40% restante de los residuos sólidos.

#### **b. Qué podría suceder en el Futuro?**

Se ha proyectado un rápido aumento poblacional y de turistas en el Área de Estudio. La proyección de la población para el 2015 alcanza 893,000 personas que, en efecto, representa el doble de la población estimada para el 2003 que llega a ser de 435,000 personas. Por otro lado, se estima que la cifra de un 1,757,000 turistas que visitaron el área en el 2003, podría incrementarse a 3,156,000 turistas visitantes para el año 2015.

Para el caso en que ninguna medida sea tomada en los sectores asociados al manejo de aguas residuales y de residuos sólidos, se ha estimado que el agua subterránea podría contaminarse hasta alcanzar una concentración de DBO igual a 4.9 mg/litro como resultado de la carga contaminante recibida por los dos sectores mencionados con anterioridad. Este nivel de contaminación es equivalente a tener un agua clasificada como Clase C de acuerdo con la norma ambiental definida para ríos en el Japón; lo anterior significa que el agua subterránea no sería adecuada como fuente para abastecimiento de agua. Incluso, esta calidad de agua podría deteriorar el medio ambiente acuático costero, por ejemplo, cenotes, cavernas, y arrecifes.

El deterioro ambiental previsto traería como consecuencia una pérdida en el interés del área como centro de recreación para turistas, pérdida en la biodiversidad, y se constituiría en un riesgo para la salud. Se estima que las pérdidas en divisas por actividades turísticas solamente alcanzarían los 10,529 millones de pesos debajo de la proyección original para el año 2015.

Se concluye que la carga contaminante derivada de las aguas residuales y los residuos sólidos contaminaría el agua subterránea; lo anterior, resultaría en un deterioro del medio ambiente acuático costero. En consecuencia, el desarrollo sustentable del Área de Estudio se vería seriamente obstaculizado.

### **5.1.3 Plan Maestro**

#### **a. Concepto Básico**

El Plan Maestro propuesto establece como principio guía “contribuir al desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán”; como objetivo principal “preservar el agua subterránea y el medio ambiente acuático costero en el sur del Estado de Quintana Roo por medio del manejo de las aguas residuales y los residuos sólidos”; y como el enfoque básico “definir las responsabilidades del sector público, el sector privado, y los turistas, y de fomentar su adecuada participación en el Manejo del Saneamiento Ambiental.”

En este sentido, se han propuesto como valores metas del Plan Maestro que la cantidad de DBO descargada que proviene del agua residual y los residuos sólidos sea de 5,200 toneladas/año para el año 2015; 3,100 toneladas/año corresponderían a las aguas residuales y 2,100 toneladas/año corresponderían a los residuos sólidos. La definición de estos valores tiene el fin de poder controlar la concentración de la DBO en 1.0 mg/litro y menos.

#### **b. Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales**

Con el propósito de alcanzar los valores objetivos antes mencionados, el Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales propone la implementación de varios niveles de tratamiento, tomando en cuenta las características de la distribución poblacional en el Área de Estudio. Se propone un nivel más alto de tratamiento (mayor reducción de la carga contaminante) para poblaciones de mayor magnitud y un menor nivel de tratamiento para poblaciones pequeñas. Además, debe considerarse que la cantidad de reducción de la carga contaminante por costo es mayor en instalaciones de mayor envergadura. En consecuencia, el Plan Maestro propone priorizar los proyectos en grandes comunidades, teniendo en mente la efectividad en costos. La institución responsable es CAPA (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado).

El costo total del Plan Maestro en este sector alcanza los 3,300 millones de pesos hasta el 2015. Los resultados del análisis financiero establecen que la tarifa actual puede básicamente

cubrir la totalidad de los costos, en el caso que se considere el Área de Estudio como una unidad; sin embargo, la tarifa no puede cubrir los costos de los municipios de Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, si se evalúan los municipios de manera individual.

**c. Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos**

El Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos se enfoca en comunidades urbanas que tendrían una población superior a las 25,000 personas para el año 2015; se tomó en consideración para definir esta cifra, la relación entre el tamaño de la comunidad y las demandas por el servicio de residuos sólidos. Para el caso de grandes comunidades, se proponen una cobertura mayor para la recolección de residuos y maneras más sofisticadas para la disposición de residuos. Además, se establece la minimización de residuos, que tiene como consecuencia una reducción de la carga contaminante y la conservación de recursos. Los gobiernos municipales son las autoridades responsables y la SEDUMA se encargaría de guiarlos y brindarles apoyo.

El costo total del Plan en este sector alcanzaría los 1,178 millones de pesos para el año 2015. Sin embargo, el costo incremental es sólo de 441 millones, si se toma en cuenta la manera como se provee el servicio de residuos sólidos en la actualidad. El análisis financiero define que con el fin de cubrir la totalidad de los 1,178 millones de pesos, es necesario aumentar el cobro a los residentes de 40 a 50 pesos/mes/vivienda; mientras que para los negocios sería necesario aumentarlo de 150 a 200 pesos/mes/negocio. Si se logra implementar la tarifa propuesta, entonces se puede alcanzar la auto-suficiencia financiera.

**d. Beneficios**

Los beneficios que se anticipan con la implementación del Plan Maestro son: 1) mantener el área como un atractivo para los turistas, 2) la preservación de la biodiversidad, y 3) la protección de la fuente para el abastecimiento de agua potable. Se realizó una evaluación económica cuantitativa enfocándose sólo en el primer beneficio; dicha evaluación dio como resultado una TIRE (Tasa Interna de Retorno Económica) de 39%, un VNP (Valor Neto Presente) de 2,545 millones de pesos y una relación B/C (Relación Beneficio – Costo) de 2.06. Por lo tanto, se concluye que el Plan Maestro es económicamente factible.

**5.1.4 Proyectos Modelos**

Una investigación sobre las condiciones hidrogeológicas y algunas medidas listadas en el Plan Maestro fueron ejecutadas a manera de Proyectos Modelos.

El proyecto sobre el Tratamiento de Aguas Residuales tipo Urbano que se realizó en Playa del Carmen, Solidaridad, determinó que la manera actual de realizar la inyección de aguas

residuales no es adecuada en virtud de las condiciones geológicas existentes y que puede ser mejorada. Además, se encontró amoníaco en el agua subterránea; lo que indica que la misma fue contaminada de manera artificial

Por otra parte, los residentes deben ser responsables de realizar la conexión del drenaje interno de sus viviendas con el sistema público de alcantarillado. La carga financiera que implica dicha conexión, aunada a una falta de conocimientos sobre la conservación del medio ambiente podrían desalentar a los residentes para realizar la conexión requerida. Por lo tanto, aunque CAPA realizó esfuerzos para construir servicios públicos de alcantarillado, la cobertura real no aumentó en esa medida. Para hacerle frente al problema antes planteado, durante el proyecto sobre Tratamiento de Aguas Residuales para Pequeñas Comunidades se estableció un fondo para aliviar la carga financiera y se realizaron explicaciones a los residentes en conjunto con la educación ambiental. Como resultado de las medidas tomadas, se promovió la conexión al sistema de alcantarillado público entre los residentes.

El proyecto modelo para el Establecimiento de un Sistema de Información para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos formuló un marco en el que la SEDUMA y los municipios intercambien información sobre el Manejo de Residuos Sólidos; siendo la primera una institución estatal y los segundos los encargados de proveer el servicio de residuos sólidos. Este sistema también responde a los requerimientos de la nueva ley federal, “Ley General para la Preservación y Manejo de los Residuos.” En relación a este proyecto, se propone el establecimiento de una Unidad Ejecutora en la SEDUMA para promover y supervisar la implementación del Plan Maestro, y para promulgar una nueva ordenanza/reglamento municipal para el Manejo de los Residuos Sólidos con base en el Plan Maestro.

El proyecto para la Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco apuntó a establecer una manera para controlar los costos del servicio de residuos sólidos.

Este proyecto se ejecutó en conjunto con otros, como el Mejoramiento del Sitio de Disposición Final y el Mejoramiento de la Recolección. En concreto, los datos técnicos derivados de dichos proyectos modelos se unieron con datos sobre costos y, posteriormente, los resultados del análisis de los datos combinados fueron retroalimentados para mejorar la operación del sitio de disposición y los trabajos de recolección. Por tanto, este proyecto modelo pretendió fortalecer las capacidades fundamentales para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos. En un inicio, se encontró que la información sobre costos se encontraba dispersa en varias secciones del gobierno municipal, lo que dificultó la recopilación de información. Sin embargo, al final se lograron establecer canales de comunicación entre las diferentes secciones y el personal del municipio pudo percibir de primera mano las mejoras obtenidas, todo como resultado de la implementación de este Proyecto Modelo.

Por medio del proyecto para el Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final en Othón P. Blanco los residuos que se encontraban dispersos fueron acumulados en un área definida, compactados, y recubiertos con suelo, lo que mejoró la condiciones sanitarias. Entre otras mejorías realizadas, se construyó un camino de acceso que llevó a mejorar de manera significativa la manera de trabajar/operar en el sitio. Además, una vez que fue instalada la báscula camionera, se conoció con certeza la cantidad de residuos que eran descargados en el sitio. De hecho, la cantidad de residuos es una de las informaciones más importantes en el Manejo de los Residuos Sólidos; en este sentido, se obtuvo que la cantidad promedio dispuesta durante el proyecto modelo alcanzó las 160 toneladas/día.

El proyecto para el Mejoramiento del Servicio de Recolección se realizó en los municipios de Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, Por medio de este Proyecto Modelo, se definió una manera para planificar rutas, registrar datos de operación, y evaluar datos. Como resultado de este proyecto, en Othón P. Blanco se obtuvo la reducción en el tiempo de operación de los vehículos de recolección y se aumentó la cantidad de residuos recolectados por cuadrilla; esto lleva a pensar que existe la posibilidad de reducir costos. Para el caso de Felipe C. Puerto, el Proyecto Modelo aumentó la cobertura a un 80%, cuando llegaba a ser sólo de 50% antes de la implementación del mismo.

Durante el Proyecto Modelo para el Establecimiento de un Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos en la Costa Maya se instalaron varias estaciones de acopio para realizar la recolección separada; dichas estaciones fueron administradas por un comité de reciente creación para el Manejo de Residuos Sólidos en la comunidad local; además, se iniciaron negociaciones con comerciantes para la recolección de botellas PET y latas. En pocas palabras, un nuevo Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos ha comenzado a operar en Costa Maya.

El proyecto modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje sirvió para preparar materiales educativos, por ejemplo, video y textos; además, se definió la manera de realizar la educación ambiental por medio del uso de dichos materiales. Como parte de este proyecto se implementó también una actividad de reciclaje de papel. Estas actividades fueron realizadas y reproducidas por la misma contraparte Mexicana.

## 5.2 Recomendaciones

### 5.2.1 Recomendaciones para la Implementación del Plan Maestro

#### a. Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales

##### 1. Mejoramiento en la Cobertura del Sistema de Alcantarillado

- Se debe priorizar el desarrollo del sistema de alcantarillado en las comunidades urbanas, teniendo en cuenta su efectividad en costos en relación a la reducción de la carga contaminante y que dichas comunidades generan una gran cantidad de carga contaminante.
- El manual y las experiencias adquiridas a lo largo del Proyecto Modelo para el Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades debería utilizarse para construir y operar un sistema de alcantarillado en las mismas, de ahora en adelante.
- CAPA debería procurar, en coordinación con la CNA, los costos de inversión requeridos para desarrollar los sistemas de alcantarillado.

##### 2. Promoción de la Conexión de Drenaje Intra-domiliar con el Sistema Público

- CAPA debería crear un equipo de proyecto para promover las conexiones intra-domiliares al sistema público. El equipo debería estar compuesto por personal de diversas secciones (multi-disciplinario), por ejemplo, planeamiento, construcción, operación y mantenimiento, y relaciones con la comunidad.
- La promoción debería realizarse no sólo en áreas donde ya existe un sistema de alcantarillado, sino también en sectores donde aún se planifica la construcción del mismo. La promoción debería realizarse con anticipación, antes o en las etapas iniciales de construcción.
- Con el fin de aliviar la carga financiera de los residentes, el fondo que se estableció para el Proyecto Modelo para el Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades debería aumentarse y utilizarse de manera intensiva.
- Con el propósito de aumentar la conciencia sobre la conservación ambiental, las explicaciones a los residentes deben realizarse en conjunto con la educación ambiental.

##### 3. Aumento de los Ingresos y Reducción de Costos

- La tarifa por el servicio de alcantarillado, que ha sido establecida en 20% del cobro por el servicio de abastecimiento de agua, debería incrementarse en correspondencia con la ampliación del servicio del sistema de alcantarillado.
- Debería promoverse la instalación de micro-medidores y la tasa de recaudación debería mejorar.
- Los costos indirectos que representan 50% del costo total deberían reducirse.

#### b. Plan Maestro para el Manejo de los Residuos Sólidos

##### 1. Mejoramiento de la cobertura de recolección de residuos

- Los trabajos para el mejoramiento de la recolección deberían continuar teniendo como base los manuales preparados y las experiencias adquiridas a lo largo del Proyecto Modelo para el Mejoramiento del Servicio de Recolección.
- La capacidad disponible para recolección, resultado de la mejoría, debería utilizarse para ampliar la cobertura de la recolección.

## 2. Implementación de una Disposición Adecuada

- Los sitios existentes para la disposición deberían ser mejorados por medio del uso del manual preparado y las experiencias adquiridas durante el Proyecto Modelo para el Mejoramiento del Sitio de Disposición en Othón P. Blanco.
- La manera actual de disposición debería evolucionar hacia un sistema de relleno sanitario en Chetumal, la Riviera Maya, y la Costa Maya en correspondencia con el programa definido en el Plan Maestro.
- El municipio de Othón P. Blanco debería procurar los costos de inversión para la construcción del relleno sanitario en la Costa Maya, en coordinación con FONATUR.

## 3. Promoción de la Minimización de Residuos

- El Proyecto Modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje debería ser continuado y reproducido en coordinación con el Ministerio de Educación y de otras instituciones relacionadas.
- El reciclaje de papel que fue impulsado durante el Proyecto Modelo debería ser reproducido.
- El reciclaje de materiales PET debería ser promovido en coordinación con ECOSE.
- La composta de residuos de poda debería iniciar en el futuro cercano.

## 4. Acciones encaminadas hacia la Auto-suficiencia Financiera

- La recaudación de cobros por el servicio de residuos sólidos debería ser considerada e implementada a la brevedad posible.
- Se debería considerar, tan pronto como sea posible, un sistema que le cobre a los turistas por el servicio de residuos sólidos.

## 5. Fortalecimiento del Sistema Institucional

- La Unidad Ejecutora que estaría a cargo de guiar y apoyar el Manejo de los Residuos Sólidos debería ser establecida en la SEDUMA.
- Los municipios deberían considerar la ordenanza propuesta relacionada al Manejo de los Residuos Sólidos.

### **5.2.2 Recomendaciones para la Preservación del Agua Subterránea**

#### 1. Establecimiento de un Sistema para el Monitoreo de las Aguas Subterráneas

- La CNA debería establecer un sistema de monitoreo que sea capaz de reflejar comprensivamente el estatus del agua subterránea de manera cuantitativa.
- Los resultados del monitoreo deberían ser utilizados para la implementación adecuada del Plan Maestro, por ejemplo, si los resultados del monitoreo muestran que existe una contaminación seria del agua subterránea en cierta área, se puede inducir una recomendación para priorizar la construcción del alcantarillado en dicha área.

#### 2. Mejoramiento y fortalecimiento del Sistema Institucional

- Se debería mejorar y fortalecer el sistema institucional actual con el propósito de hacer posible que la evaluación de los resultados del monitoreo traigan como consecuencia la implementación de las acciones necesarias para proteger el agua subterránea. Por ejemplo, si la calidad del agua subterránea es regulada cuantitativamente, los

resultados del monitoreo pueden ser evaluados de acuerdo con la regulación y las siguientes acciones pueden ser tomadas de manera inmediata, en forma de investigaciones adicionales o como guías.

- La CNA debería iniciar el establecimiento de regulaciones para los pozos de inyección teniendo en consideración los resultados del Proyecto Modelo para el Manejo de Aguas Residuales tipo Urbano.

### **5.2.3 Recomendaciones para la Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero**

#### 1. Monitoreo de la Calidad de las Aguas Costeras Adyacentes

- Se debería estudiar la relación entre la calidad del agua subterránea y las aguas de mar en coordinación con el monitoreo realizado por la Marina en aguas adyacentes.
- Los trabajos de monitoreo de la Marina deberían ser diagnosticados y evaluados. Si es necesario, se deberían tomar medidas para el mejoramiento de dicho sistema.

#### 2. Promover la Cooperación entre Proyectos y/o Instituciones Relacionadas

- La información debería ser intercambiada entre proyectos relacionados, tales como el proyecto para la Conservación del Arrecife Costero Mesoamericano; además, debe procurarse cualquier posible coordinación.
- La información debería intercambiarse entre las diversas instituciones que tratan con la conservación ambiental tales como la Universidad de Quintana Roo, el ITCH (Instituto Tecnológico de Chetumal), y el ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur).

Para concluir, el Equipo de Estudio quisiera agradecer a las organizaciones e individuos, tanto en México como en Japón, que han participado o cooperado a lo largo de este Estudio. Esperamos que el trabajo realizado en conjunto conlleve a alcanzar un desarrollo sustentable en el Área de Estudio, el Estado de Quintana Roo, y la Península de Yucatán.