

C.2 Felipe C. Puerto

C.2.1 Monitoreo de la Calidad del Agua.

Como se mencionó en la sección correspondiente a Othón P. Blanco, el monitoreo de la calidad del agua se realiza periódicamente en las costas de la península de Yucatán y en el golfo de México por medio de la Secretaria de Marina, mientras que CAPA se encarga del monitoreo de los pozos de producción de agua.

El monitoreo llevado a cabo por la Secretaria de Marina tiene el propósito de verificar el grado de eutroficación del cuerpo de agua y de determinar si son aptas para la recreación. Mientras que el monitoreo de CAPA tiene el objetivo de saber si las aguas de los pozos son aptas como fuente de agua potable.

C.2.1.1 Resultados del Monitoreo de CAPA

El Cuadro C-20 muestra los parámetros considerados en el monitoreo y el Cuadro C-21 presenta los resultados del 2000 a el 2002. Los resultados no reflejan que exista contaminación.

Cuadro C-20: Aspectos Considerados en el Monitoreo a los Pozos de Producción de CAPA

pH	Cloro (mg/litro)
Temperatura del agua	Dureza total (mg/litro)
Temperatura del aire	Dureza Ca(mg/litro)
Conductividad eléctrica (μ siems/cm)	Dureza Mg(mg/litro)
Color (u PT-Co)	Sodio (mg/litro)
Olor	Bicarbonato (mg/litro)
Turbiedad (UTN)	Sulfatos (mg/litro)
Alcalinidad fenolftaleina (mg/litro)	Calcio (mg/litro)
Alcalinidad total (mg/litro)	Magnesio (mg/litro)
	Total de sólidos disueltos (mg/litro)

Cuadro C-21: Resultados del Monitoreo a los Pozos de CAPA

Nombre del pozo	Parámetros	Año			
		2000	2001	2002	Promedio
Chumpon	pH	7.3		7.3	7.3
	Temperatura del agua	26.4		24.6	25.5
	Conductividad eléctrica (µsiems/cm)	1,310		1,034	1,172
	Turbiedad(UTN)	2.5		2.5	2.5
	Alcalinidad total(mg/litro)			280.0	280.0
	Cloro(mg/litro)	275.2		99.8	187.5
	Dureza total(mg/litro)	978.3	836.6	512.5	775.8
	Sulfatos(mg/litro)			54.6	54.6
	Calcio(mg/litro)			85.0	85.0
	Magnesio(mg/litro)			24.3	24.3
	Total de sólidos disueltos(mg/litro)			681.2	681.2
Chunhuas	pH	7.4		7.4	7.4
	Temperatura del agua	26.1		25.6	25.9
	Conductividad eléctrica (µsiems/cm)	1,280		1,190	1,235
	Turbiedad (UTN)	2.5		2.5	2.5
	Alcalinidad total(mg/litro)			195.2	195.2
	Cloro(mg/litro)	301.5		275.1	288.3
	Dureza total(mg/litro)	861.3	942.9	657.0	820.4
	Sulfatos(mg/litro)			354.6	354.6
	Calcio(mg/litro)			176.0	176.0
	Magnesio(mg/litro)			48.6	48.6
	Total de sólidos disueltos(mg/litro)			737.8	737.8
Emiliano Zapata	pH	7.4		7.9	7.7
	Temperatura del agua	26.8		26.1	26.5
	Conductividad eléctrica (µsiems/cm)	1,150		2,130	1,640
	Turbiedad (UTN)	3.0		2.5	2.8
	Alcalinidad total(mg/litro)			960.0	960.0
	Cloro(mg/litro)	399.7		318.3	359.0
	Dureza total(mg/litro)	703.6	890.0	837.5	810.4
	Sulfatos(mg/litro)			145.6	145.6
	Calcio(mg/litro)			210.0	210.0
	Magnesio(mg/litro)			75.9	75.9
	Total de sólidos disueltos(mg/litro)			1,999.2	1,999.2

C.2.2 Manejo del Agua Subterránea

C.2.2.1 Condiciones Hidrogeológicas

El municipio de Felipe Carrillo Puerto se localiza en la planicie compuesta por rocas de carbonato de la era del Mioceno-Plioceno. Sin embargo, en la parte oeste del municipio, se distribuyen rocas de carbonato del período Eoceno. En la parte este, existe un área considerable de zona litoral que está cubierta por depósitos recientes. Existe agua freática en estas rocas de carbonato. De acuerdo con el INEGI (2002), la elevación del nivel freático está en la escala de uno a 10 m por encima del nivel medio del mar.

C.2.2.2 Pozos de Extracción y de Inyección

a. Extracción

El número de pozos de producción registrados en Felipe C. Puerto es de 449, de acuerdo con la CNA. De estos 449 pozos, los pozos para agricultura conforman 75% (336 pozos) y los pozos para servicio público 16.5% (74 pozos) (ver Cuadro 2-1, Capítulo 2.2.1.5). El número de pozos para el sector de servicios es de únicamente cuatro (4). En la actualidad la CAPA en Felipe C. Puerto cuenta con cuatro pozos para su aprovisionamiento urbano de agua. Estos pozos se construyeron en 1987. El diámetro de los mismos es de 12 pulgadas y tienen una profundidad de 26 a 30 m. La capacidad máxima de los pozos es de 244 lps. El Cuadro C-22 muestra los parámetros de los pozos de la CAPA. Estos pozos están ubicados en el área de la ciudad.

Cuadro C-22: Parámetros de los Pozos de Producción de la CAPA en Felipe C. Puerto

Pozo No.	Prof. Pozo (m)	Descarga (LPS)	NEA (m)	NDA (m)
1	26	72	13	13
2	30	56	18	18
3	30	80	18	18
4	30	36	8	8
Total	-	244	-	-

NEA: Nivel estático del agua NDA: Nivel dinámico del agua
Fuente: CAPA, Felipe C. Puerto

b. Inyección

La CAPA opera un pozo de inyección (Figura C-21). Adicionalmente, de conformidad con la CNA, tiene registrado veinte (20) pozos de inyección. La mayor parte de ellos se emplean para la inyección de aguas residuales del ganado.

Actualmente está en operación el tratamiento de aguas residuales en **Pueblo Francisco**, ubicada entre la calle 57 y 59 de la ciudad. Este pueblo tiene 114 casas. La planta fue

diseñada para dar tratamiento a 5 lps de agua residual, lo cual sólo abarca 2.0% de Felipe C. Puerto. El agua tratada se inyecta en el pozo de inyección de la CAPA.

Se desconoce la profundidad y posición de la rejilla del pozo de inyección de la CAPA. De acuerdo con la CAPA, la tasa de inyección promedio es de 3 lps. Un sondeo de campo por parte del Equipo de Estudio muestra la siguiente calidad del agua:

pH 7.50
 Conductividad eléctrica 1490 micro S/cm
 Temperatura 29.5 °C



Figura C-21: Pozo de Inyección en CAPA, Felipe C. Puerto

C.2.2.3 Estado Actual del Monitoreo

A la fecha la CNA no ha construido pozos de monitoreo en esta área. La CAPA está realizando el análisis de agua de los pozos de producción en intervalos de seis (6) meses. El Cuadro C-23 muestra el resultado del monitoreo.

Cuadro C-23: Resultados del Análisis de Calidad del Agua en los Pozos de la CAPA*

No.	pH	T (°C)	CE (microS/cm)	Cloruro (mg/l)	Dureza (mg/l)
1	7.40	26.4	1,110	113.6	377
2	7.44	26.4	1,990	128.7	421
3	7.41	26.4	2,440	166.7	725
4	7.20	26.2	1,680	128.4	376

T: Temperatura CE: Conductividad eléctrica * Fecha: 27, 28 de diciembre del 2000

También se ha realizado una prueba bacterial; sin embargo, en la actualidad la CAPA en Felipe C. Puerto no cuenta con laboratorio.

C.2.3 Manejo de Aguas Residuales

C.2.3.1 Aspectos Generales del Manejo de Aguas Residuales

a. Situación Actual

El sistema de alcantarillado y saneamiento en Felipe C. Puerto apenas funciona. Únicamente 140 casa cuentan con este servicio en el área urbana y por iniciativa del sector privado.

Cuadro C-24: Perfil del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento en Felipe Carrillo Puerto

Aspectos		Estado de Quintana Roo	Felipe Carrillo Puerto
1. Aspectos Básicos			
Area dentro del limite administrativo (km2)		50,843	13,806
Población dentro del área administrativa		1,233,490	65,861
Área proyectada de servicio (km2)		76.02	0.02
Producción de agua (1,000 m3/año)		112,737.78	6,223.25
Facturación por cantidad de agua suministrada (1,000m3/año)		45,700.42	1,405.47
Población con suministro de agua		1,171,816	57,220
Valor unitario de cantidad de producción de agua (l/día/persona)		263.58	297.97
Valor unitario afectivo de cantidad de agua suministrada (l/día/persona)		106.84	66.39
Tasa de generación de aguas residuales para planeación (l/persona/día)		75% de la cantidad suministrada*	
Unidad de carga contaminante de agua residuales (g/persona/día)	DBO	54	54
	S S	52	52
2. población proyectada y actual del Servicio de manejo de aguas residuales			
Sistema de alcantarillado y saneamiento centralizado (fuera de sitio)	Planeada	372,994	567
	Actual	370,955	567
Sistema In-situ	Planeada	0	0
	Actual	0	0
Sistema de letrina	Planeada	0	0
	Actual	No disponible	No disponible
Sin sistema	Planeada		56,653
	Actual	800,861	56,653
3. sistema de alcantarillado y saneamiento centralizado (fuera de sitio)			
Autoridad responsable		C.A.P.A.	
Construcción		C.A.P.A.	
O y M		ORG. OPER.	
Área de servicio (km2)		62.38	0.02
Población atendida		370,955	567
Numero de conexiones		90,698	114
Tasa de cobertura del servicio (población)		30.07	2.88
Longitud de la tubería		1'088,376	6,804
Numero de estaciones de bombeo		-	0
STP cantidad entrante (lps)		1,251.83	1.34
Producción per-capita de aguas residuales		291.6	204.2
Planta de tratamiento (PTAN)			
Numero de PTAN		16	1
Método de tratamiento		Lodos activados	Lodos activados

Aspectos	Estado de Quintana Roo	Felipe Carrillo Puerto
Capacidad de tratamiento	1,432	5
Cantidad anual promedio de entrada		
Calidad del agua residual de entrada (de ene. A jun./2003)	DBO: DQO: S S:	100.80 249.99 68.33
Calidad del agua tratada (de ene. A jun./2003)	DBO: DQO: S S:	2.15 12.64 6.00

Fuente: CAPA Julio 2003

Cuadro C-25: Cobertura del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento en el 2000

		Población	Cobertura del servicio		
			Abastecimiento de agua	Línea de alcantarillado	Capacidad de tratamiento de aguas residuales
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%
Total estatal		720,567	95%	57%	73%

Fuente: CAPA Plan Estratégico APAS 2001-2025

b. Plan

CAPA elaboró en el 2001 un plan² estratégico para el manejo de aguas residuales para todo el estado de Quintana Roo. El Cuadro C-26 y el Cuadro C-27 muestran los planes de implementación y de inversión respectivamente para Felipe C. Puerto

Cuadro C-26: Implementación Escalonada del Plan en el Área Urbana de Felipe Carrillo Puerto

Aspecto	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2025	Total
Cantidad de agua suministrada (litros/seg.)	15	10	21	46
Sistema de alcantarillado (has.)	109	39	86	234
Cantidad de agua residual a tratar (litros/seg.)	114	8	17	139
Cantidad acumulada de agua residual a tratar (litros/seg.)	114	122	139	-

Cuadro C-27: Planes de Inversión para el Área Urbana de Felipe Carrillo Puerto (Millones de pesos)

Aspecto	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2025	Total
Suministro de agua	42.2	5.2	11.1	58.5
Línea de alcantarillado	85.0	6.0	14.0	105.0
Tratamiento de aguas residuales	16.0	2.0	3.0	21.0
Adquisición de tierras	1.0	0.0	1.0	2.0
Total	144.2	13.2	29.1	186.5

² PLAN ESTRATÉGICO DE LOS SERVICIOS AGUA POTABLE, ALCANTRILLADO Y SANEAMIENTO 2001-2035, CAPA

C.2.3.2 Perfil del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento

Como se mencionó anteriormente el sistema de alcantarillado y saneamiento centralizado (fuera de sitio), ha sido apenas implementado en Felipe C. Puerto, con la excepción de las viviendas antes mencionadas. Una planta de tratamiento da servicio a estas 140 casas, tratando 1.34 litros/seg. (116 m³/día) de aguas residuales. Los tanques sépticos predominan como sistemas In-situ.

El Cuadro C-28 muestra el perfil de la planta de tratamiento que da servicio a las 140 casa.

Cuadro C-28: Perfil de la Planta de Tratamiento de Felipe Carrillo Puerto

Aspectos	Parámetros
Cantidad tratada actualmente	1.34litro/seg. (116 m ³ /día)
Calidad del agua entrante	DBO:101mg/litro, DQO:250mg/litro, SS:68 mg/litro
Calidad del agua tratada	DBO:2.2mg/litro, DQO: 13mg/litro, SS: 6 mg/litro
Método de tratamiento	Método de lodos activados

Fuente: CAPA

C.2.3.3 Alcantarillado y Fuentes Contaminantes

El Cuadro C-29 muestra la cantidad de aguas residuales descargadas por cada fuente en el estado de Quintana Roo. durante el 2001. La cantidad descargada por servicios tales como hoteles sobresale debido a la actividad turística, ésta aporta mas del 70 % del total descargado, mientras que la cantidad descargada por actividades tales como la industria manufacturera o la de minería es tan pequeña que solo aporta el 1.48 % del total.

Cuadro C-29: Cantidad de Aguas Residuales Descargadas a Cuerpos de Aguas Bajo Control Federal en el 2001

Fuente	Cantidad de agua residual descargada (m3/año)	Radio
Domesticas	378,100	0.44%
industriales	1,271,600	1.48%
De servicios	62,439,000	72.83%
Publicas Urbanas	21,536,100	25.12%
otras	106,000	0.12%
Total	85,730,800	100.00%

Fuente: ANUARIO ESTADÍCO Quintana Roo edición 2002/INEGI

No se cuentan con datos de la cantidad descargada de aguas residuales para cada municipio. Sin embargo, con los datos de la población laboralmente activa de cada municipio es posible obtenerlos indirectamente como se muestra en el. Cuadro C-30. Revisando las cifras de Felipe C. Puerto, tenemos que la población que labora en la industria manufacturera es pequeña como en otros municipios. En consecuencia los habitantes y turistas son considerados como la principal fuente de contaminación.

Cuadro C-30: Distribución de la Población Laboralmente Activa

Código	Categoría	Quintana Roo	BENITO JUÁREZ	COZUMEL	FELIPE CARRILLO PUERTO	ISLA MUJERES	JOSÉ MARÍA MORELOS	LÁZARO CÁRDENAS	OTHÓN P. BLANCO	SOLIDARIDA
11	Agricultura, ganadería, forestal, pesca y caza	10.5%	1.0%	2.0%	49.8%	12.0%	57.2%	49.5%	19.7%	5.5%
21	Minería	0.2%	0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.5%	0.3%	0.4%
22	Electricidad y Agua	0.5%	0.4%	0.6%	0.3%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%
23	Construcción	8.4%	8.6%	9.7%	6.3%	4.6%	6.0%	6.3%	7.1%	12.4%
31	Industria/Manufacturera	7.1%	7.2%	6.1%	5.3%	4.3%	4.8%	7.1%	8.6%	6.0%
43	Comercial	16.8%	19.4%	21.3%	8.8%	18.5%	6.6%	8.7%	13.9%	14.0%
48	Transporte, postal y almacenamiento	5.8%	7.3%	6.5%	2.0%	8.0%	2.7%	3.7%	3.7%	4.2%
51	Medios masivos de comunicación	0.9%	1.0%	0.8%	0.5%	0.5%	0.2%	0.4%	0.9%	0.5%
52	Servicios financieros y de aseguramiento	0.7%	0.9%	0.5%	0.1%	0.3%	0.0%	0.2%	0.6%	0.4%
53	Bienes raíces	0.9%	1.2%	1.6%	0.0%	1.5%	0.0%	0.1%	0.3%	1.2%
54	Servicios académicos	1.9%	2.4%	2.0%	0.6%	1.2%	0.4%	0.4%	1.6%	1.1%
55	Servicios de comerciales	3.0%	4.3%	2.6%	0.5%	1.9%	0.3%	0.6%	1.4%	2.1%
61	Servicios educativos	4.6%	3.5%	3.5%	8.2%	3.4%	6.1%	4.9%	7.5%	1.8%
62	Bienestar social y salud	2.4%	2.2%	2.4%	1.6%	2.0%	1.2%	1.2%	3.9%	1.0%
71	Servicios recreativos	1.7%	1.7%	3.6%	0.6%	3.1%	0.2%	0.3%	0.7%	3.8%
72	Hoteles y restaurantes	18.3%	23.4%	21.3%	4.4%	21.3%	3.0%	4.1%	5.5%	33.5%
81	Otros servicios exc. Los de gobierno	8.7%	9.5%	8.8%	5.0%	5.9%	5.9%	4.3%	9.4%	6.9%
93	Actividades gubernamentales	5.3%	3.4%	4.6%	3.9%	8.9%	3.5%	5.5%	11.7%	2.7%
	No específicas	2.2%	2.3%	2.0%	1.6%	1.7%	1.6%	1.9%	2.3%	2.3%
	Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: basado en Tabulados Básicos QUINTANA ROO XII Censo General de Población y Vivienda 2000 / INEGI

El Cuadro C-31 muestra la cantidad generada de DBO considerando a los habitantes y turistas como las principales fuentes de contaminación y suponiendo que la unidad de carga contaminante de la DBO sea de 54 g/persona/día³.

3

Cuadro C-31: Estimación de la Cantidad Generada de DBO

Municipio	Población		DBO cantidad generada (ton/año)		
	Residente	Turistas (Persona/año)	Residente	Turistas	Total
Cozumel	62,078	455,621	1,223.565	24.604	1,248.169
Felipe Carrillo Puerto	61,703		1,216.158		1,216.158
Isla Mujeres	14,911	141,785	293.896	7.656	301.552
Othón P. Blanco	230,718	205,216	4,547.448	11.082	4,558.530
Benito Juárez	438,872	2,987,841	8,650.163	161.343	8,811.506
José María Morelos	31,668		624.176		624.176
Lázaro Cárdenas	20,891		411.758		411.758
Solidaridad	86,863	1,504,052	1,712.078	81.219	1,793.297
Estado de Quintana Roo	947,704	5,294,515	18,679.242	285.904	18,965.146

En el año 2002 la cantidad de agua residual tratada fue de 42,368m³/año⁴. Suponiendo que la cantidad de DBO en el flujo de entrada es de 101 mg/litro y que la concentración de la de salida es de 2.2 mg/litro, nos lleva a determinar que 4.19 ton/año de DBO son eliminadas debido sólo al tratamiento de las aguas residuales, la cantidad de DBO eliminada es únicamente el 0.2% del total de DBO que se genera, el 99.8% restante es descargado hacia el ambiente sin tratamiento alguno.

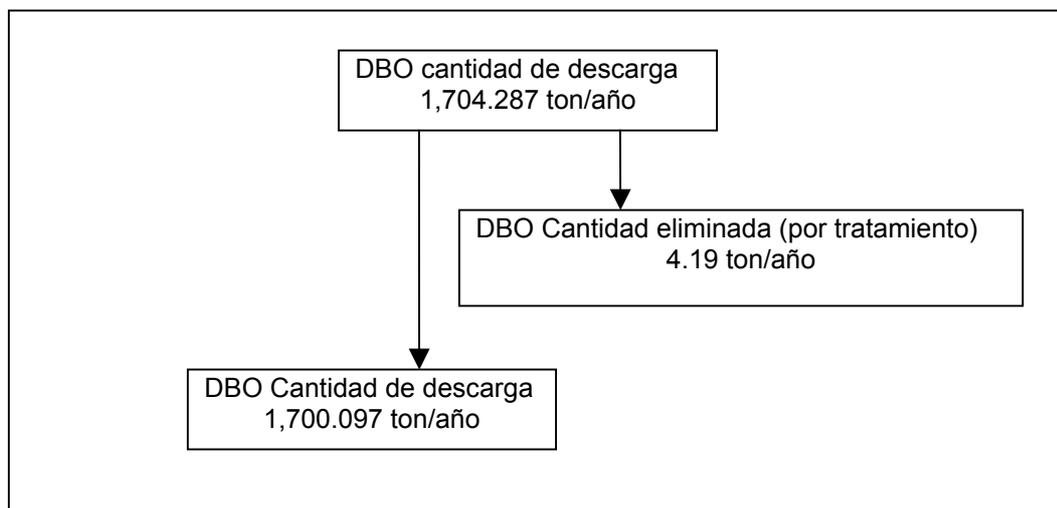


Figura C-22: Balance de DBO en el municipio de Felipe C. Puerto

C.2.3.4 Organización

El Sistema Operador Felipe Carrillo Puerto maneja los subsistemas de: Carrillo Puerto, Señor, Tihosuco, Chunchuhub y Chan Santa Cruz.

⁴ CFAPA

La estructura de organización del Sistema de Felipe Carrillo Puerto es igual a la del Sistema Othon P. Blanco.

C.2.3.5 Sistema Financiero

CAPA provee el servicio de agua potable en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, en donde el número de tomas en el 2001 fue de 10,852 o el 12.4% del total estatal. Las tomas domésticas constituyeron la mayoría absoluta con 10,309 tomas o el 95.0%, seguida por 2.66 % de firmas comerciales, 2.29% de servicios generales, 0.02% de firmas industriales, y 0.04% de hoteles. La cobertura del servicio fue estimada en 87% de agua potable y 1% de alcantarillado.

Como ya se ha descrito en la Sección 4.1.3.7, las tarifas de agua de CAPA se encuentran establecidas por categoría de clientes, y consisten de una cuota base mensual fija que depende del volumen contratado (metro cúbico por mes), y otra cuota adicional expresada en Pesos por metro cúbico correspondiente al consumo que exceda el volumen contratado. La cuota adicional aumenta con el volumen consumido, como corresponde a una tarifa progresiva.

En el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, los ingresos en concepto de agua potable entre el 2000 y el 2002 constituyeron el 85% o más de los ingresos totales, mientras que no hubo ingresos en concepto de alcantarillado. Las multas pueden ser aplicadas cuando el cliente deja de pagar por dos meses o más, y el abastecimiento de agua puede ser suspendido en caso de que el cliente deje de pagar. Por consiguiente, se prevén cargos por reconexión como fuente de ingreso en los casos en que se regularice el abastecimiento de agua potable.

El volumen de producción de agua en el 2001 fue de 6.631 Millones de metros cúbicos, y los gastos presupuestados fueron de 11.48 Millones de Pesos, resultando en un costo promedio de 1.73 Pesos por metro cúbico de agua producida en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto.

C.2.3.6 Sistema Contable

CAPA es un organismo público descentralizado de naturaleza mixta estatal y municipal, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Como un organismo público, los registros contables son necesarios para la administración y control presupuestarios, pero CAPA genera los estados financieros en forma de Balance General y los Estados de Resultados de la institución.

Sin embargo, son más difíciles de obtener los estados financieros por organismo operador de los diversos sistemas. Aun así se pueden comparar los ingresos y los egresos de cada sistema. Los ingresos estaban especificados como los ingresos presupuestados y los ingresos

realizados, mientras que los egresos estaban especificados como egresos presupuestados, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro C-32: Ingresos y Egresos de CAPA Felipe Carrillo Puerto (Millones Pesos)

INGRESOS Y EGRESOS	Año 2000		Año 2001		Año 2002	
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
INGRESOS						
Agua potable	1.07	1.50	1.85	1.97	2.47	2.74
A tiempo	1.00	0.35	1.71	0.83	1.10	1.32
Rezagado	0.07	1.15	0.14	1.14	1.37	1.42
Alcantarillado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A tiempo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rezagado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Derechos de conexión	0.03	0.19	0.08	0.10	0.14	0.05
Derechos de reconexión	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
LPS (litros por segundo)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Actualizaciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recargos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Multas	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Gastos de Ejecución	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros ingresos	0.00	0.02	0.01	0.03	0.05	0.02
IVA	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.06
Total Ingresos	1.12	1.74	1.95	2.17	2.67	2.87
EGRESOS						
Personal	2.57		3.78		4.41	
Materiales y suministros	1.64		2.07		2.01	
Servicios generales	3.45		3.46		3.53	
Ayudas, subsid., transf.	0.04		0.10		0.09	
Bienes muebles e inm.	0.00		0.63		0.00	
Obra pública	0.00		1.38		0.44	
Erogaciones contingent.	0.00		0.00		0.26	
Deuda pública	0.00		0.06			
Total Egresos	7.70		11.48		10.74	
BALANCE	-6.59		-9.53		-8.07	

Fuente: CAPA

El cuadro precedente indica que el balance de ingresos y egresos de CAPA fue negativo en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto entre los años 2000 y 2002. Los ingresos reales cubrieron el 22.6% de los egresos presupuestados en el 2000, el 18.9% en el 2001 y el 26.7% en el 2002.

C.2.3.7 Aspecto Social

Se muestran aspecto social y consideración como siguiente.

Aspecto Social	Consideración
Cobertura del servicio de alcantarillado	Al nivel del municipio es del 1%
% de viviendas con fosas sépticas	Al nivel del municipio en el 33% de las viviendas censadas se utiliza la fosa séptica. El 65% de las viviendas restantes no tienen ningún sistema de drenaje; alta incidencia de fecalismo al aire libre.
Conservación de la salud	La incidencia de infecciones intestinales en el Estado tiene una tasa de 6178.9 por 100,000 habitantes (1224 casos sobre el promedio nacional). Alta incidencia de helmintiasis.
Calidad del agua para bebida	En la ciudad de Felipe Carrillo Puerto se extiende el uso del agua embotellada. En las áreas rurales del municipio se bebe el agua suministrada por el sistema de acueductos rurales de la CAPA.
Áreas acuáticas de esparcimiento	El área costera se encuentra libre de contaminación (Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an)
Ingresos y egresos familiares	La actividad económica está vinculada al comercio y la función pública en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto; en la zona rural prevalece la agricultura. La variación en la actividad turística en el Estado es importante pero no determinante en el ingreso familiar.

C.2.3.8 Educación Ambiental

La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) implementó un programa “Escuela Amiga – Vivienda Verde” con el objetivo de mejorar y elevar la calidad de vida de las familias más necesitadas a través de tecnologías sencillas y apropiadas a la región, a través de pláticas escolares, pláticas con padres de familia, pláticas de saneamiento y reforestación, mantenimiento de las condiciones físicas y sanitarias de fuentes de abastecimiento y control de la calidad de agua, entre otros. Asimismo la CAPA a través del Programa “Agua Limpia”, realiza dentro de las comunidades visitadas (Señor, Canzepchen, Kampocolche Nuevo, Chanchen Comandante, Tixcacal Guardia), acciones orientadas al control de la calidad del agua para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales.

Con la finalidad de reforzar la iniciativa institucional en el proceso de ejecución del programa de trabajo se contó con el apoyo de la Comisión Nacional de Agua (CNA), de las Promotoras de la Red Móvil del Desarrollo Integral de la Familia (DIF) Estatal y líderes de la comunidad. Las pláticas comunitarias fueron orientadas a la promoción de la importancia, cuidado y uso del agua como aspectos relacionados a la salud.

C.2.4 Manejo de Residuos Sólidos

C.2.4.1 Generalidades Sobre el Manejo de los Residuos Sólidos

El Municipio de Felipe Carrillo Puerto organiza y desarrolla el manejo de los residuos sólidos municipales a través de la Dirección de Servicios Públicos Municipales, quien brinda en forma directa los servicios de recolección, transporte, disposición final y barrido exclusivamente a la ciudad de Felipe Carrillo Puerto cabecera municipal, las otras localidades no tienen el servicio.

Desde el punto de vista jurídico, el municipio posee el Reglamento de Limpia y Recoja de Basura, donde se establecen las bases generales para la organización, vigilancia y funcionamiento del servicio público de limpieza en el municipio. En este reglamento se indica además que existirá una comisión de limpia, que estará integrada por todos los presidentes de colonias, juntas de vecino, medios masivos de comunicación y organismos o instituciones que representen a sectores de la ciudad. Dicha comisión debe ser presidida por el Director de Servicios Públicos Municipales. De igual forma se indica que es facultad de la Dirección emprender programas de concientización para mejorar la limpieza de la ciudad, determinar los lugares de disposición final, industrializar y comercializar la basura directa, descentralizadamente u otorgarla en concesión de acuerdo a la ley, establecer rutas y horarios para la recolección, etc, también aparecen en este reglamento las obligaciones de los usuarios y las multas a aplicar en el caso de infracción. Este reglamento aunque está en vigencia no se cumple, salvo en parte en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto.

Como se mencionara anteriormente el servicio sólo se realiza en la cabecera del municipio, en las otras localidades no existe y los residuos son eliminados a través de la quema en los puntos de generación. Se observa en gran parte de las localidades, acumulación de residuos en especial botellas plásticas, también hay bastante acumulación de basura en los caminos y sitios vacíos.

El servicio brindado por la Dirección tiene un desarrollo incipiente y presenta serias deficiencias debido a la falta de recursos y a la planificación del servicio. Los recursos provienen directamente del municipio, quien no realiza cobro del servicio a ninguno de los usuarios.

Los residuos recolectados incluyen desechos domésticos, comerciales, institucionales, y hospitalarios. En el último caso llama la atención el sistema de manejo de los residuos hospitalarios, ya que el servicio recolecta todos los desechos generados en los centros de salud inclusive los orgánicos patógenos, los que posteriormente son depositados en el tiradero de la ciudad, lo que constituye un grave riesgo para la salud.

El servicio considera la atención de un total de 11 colonias, cubriendo aproximadamente el 50% de la población de la ciudad, con lo que se logra una cobertura de 23% de la población total.

La frecuencia de recolección es diaria para la colonia centro y los residuos hospitalarios y de tres veces a la semana para el resto de la ciudad. En varias de las colonias atendidas, los recorridos no consideran todas las calles ya que éstas están en mal estado.

La recolección se realiza en un dos turno de 6:00 a 13:00 horas y de 14:00 a 18:00 horas de Lunes a Viernes, los días Sábado y Domingo se trabaja en un solo turno de 06:00 a 11:00 horas. El servicio se brinda con dos camiones de volteo de 11 m³ de capacidad más un camión redila de 4 m³, cada uno de ellos con una tripulación de un conductor y 3 recolectores. Dado el número y capacidad de los camiones no siempre se logra recolectar todos los residuos de la zona atendida, por lo que los desechos quedan en las calles y son diseminados por los perros, dañando la imagen de la ciudad, en algunos casos los desechos son llevados por los generadores a basurales ilegales.

Generalmente los camiones en el turno de la mañana realizan dos viajes al tiradero los que disminuyen a dos en el turno de la tarde. El mal estado de los camiones sumado a la falta de recursos provoca muchas veces que estos estén largos periodos sin operar, tiempo en el cual el servicio no se realiza o solamente se atiende los sectores más centrales.

Los residuos generalmente son almacenados en bolsas de basura o en tambos que ha instalado el municipio en los lugares más concurridos como ser plazas, lugares comerciales y turísticos. Los usuarios no siempre sacan sus residuos al momento del paso del vehículo de recolección, quedando estos en las calles. El método de recolección es puerta a puerta aunque en los sectores donde el camión no logra ingresar, los desechos se llevan a puntos de acopio donde no existe ningún tipo de estructura para su contención.

Tres veces al año se realiza un operativo para limpiar y recolectar los residuos de las localidades de Señor, Laguna Kana, Tihosuco, Polyuc, Chumhuhub y Tepic, los residuos recolectados corresponden principalmente a desechos voluminosos y chatarras.

Los residuos generados en el mercado, son recolectados por un camión de propiedad de los comerciantes quienes se encargan de costear el sistema.

Existe dos particulares que dan el servicio de recolección de residuos domiciliarios, estos atienden distintas residencias quienes cancelan entre \$5 y \$10 por cada vez que se retiran los desechos. Este servicio no tiene ninguna programación y solo responde a las necesidades de sus usuarios.

De acuerdo a cálculos realizados por la Dirección se ha estimado que se recolectan del orden de 1,000 ton./mes, este valor se ha determinado en función de la capacidad de cada camión y el número de viajes, sin embargo, existe una gran incertidumbre con respecto a los valores pues no existe un control que permita establecer si los camiones llegan con la carga completa o no al tiradero, no se identifica el tipo de residuo y además como no son compactadores existen grandes diferencias en el peso debido a la densidad de los residuos.

El costo anual del servicio de recolección y transporte es de 1,200,000 pesos que incluye la operación de los vehículos y la mano de obra.

El servicio de barrido se realiza sólo en la zona céntrica de la ciudad y en las dos principales vías de acceso, el tipo de barrido es manual y se realiza con quince personas.

El barrido se realiza en un único turno de 06:00 a 13:00 horas de Lunes a Viernes, el trabajo, y se barren 6.5 Km de avenidas por día y se recolectan aproximadamente 3 toneladas por día.

Los residuos producto del barrido son acumulados en un carrito el que posteriormente es levantado por el camión recolector a falta de éste, los carritos son llevados al municipio para descargar los residuos en el turno siguiente de recolección.

Todos los desechos recolectados son llevados a un tiradero a cielo abierto que se ubica a 6 Km de la ciudad a un costado de la carretera federal que une a la ciudad con Cancún.

En este tiradero los desechos son descargados sin ningún control, encontrándose basura dispersa en toda su superficie, no se aprecia acumulación de líquidos percolados el que probablemente se ha infiltrado y evaporado. Hay gran cantidad de aves, mosquitos y moscas.

En el tiradero no hay personal, por lo que no se lleva ningún control sobre el ingreso de residuos, tampoco existe ningún tipo de obra, y el sitio está abierto para el ingreso de cualquier tipo de basura.

En este tiradero se han generado grandes incendios, lo que provoca serios inconvenientes en la carretera ya que la nube de humo llega hasta esta zona impidiendo la visibilidad de los conductores, hecho que ya ha provocado accidentes con graves consecuencias. Muchos de estos incendios son provocados con el propósito de minimizar el volumen utilizado por las basuras y así lograr mayor espacio para seguir disponiendo desechos.

El único trabajo que realiza la dirección en el tiradero es la acomodación de los residuos, actividad que se realiza cada seis meses y responde a la necesidad de aumentar el espacio disponible para disposición.

Actualmente la Dirección de Servicios Públicos Municipales está pensando en cambiar el tiradero a una sitio de su propiedad, ubicado en el Km 137+000 de la carretera federal

Carrillo Puerto Valladolid, lo que le permitirá reducir costos ya que el terreno actual es arrendado.

El nuevo terreno se ubica a 10 Km de la ciudad, tiene una mayor superficie del actual y presenta una cortina de árboles que permite disminuir el impacto visual de la actividad.

C.2.4.2 Flujo de Residuos

a. Situación Actual

Considerando que el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Felipe Carrillo Puerto se encuentra desarrollado a un nivel muy básico, su cobertura sólo llega a un 23% del total de la población, y además la mayor parte de los desechos son quemados, es imposible contar con antecedentes que permitan establecer un flujo de residuos.

En la actualidad se ha desarrollado un único estudio sobre cantidad y composición de los residuos y que forma parte del proyecto ejecutivo del relleno sanitario planeado para esta ciudad por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio ambiente. El estudio levanto información únicamente de la ciudad, que representa el 45% de la población total, por lo que no es confiable utilizar la información para todo el municipio, más aún cuando la mayor parte de las localidades están conformadas por población Maya que tiene otros hábitos.

El estudio se realizó de acuerdo a la normativa vigente y se obtuvieron los siguientes resultados.

- La generación per cápita para el estrato socio económico alto es de 0.84 kg/hab/día, para el sector medio 0.75 kg/hab/día y para el sector bajo de 0.833 kg/hab/día. No se hicieron mediciones en terreno para determinar la producción para el sector comercial e institucional.
- En cuanto a la composición, ésta sólo fue determinada para el sector residencial y el gráfico siguiente muestra los resultados obtenidos.

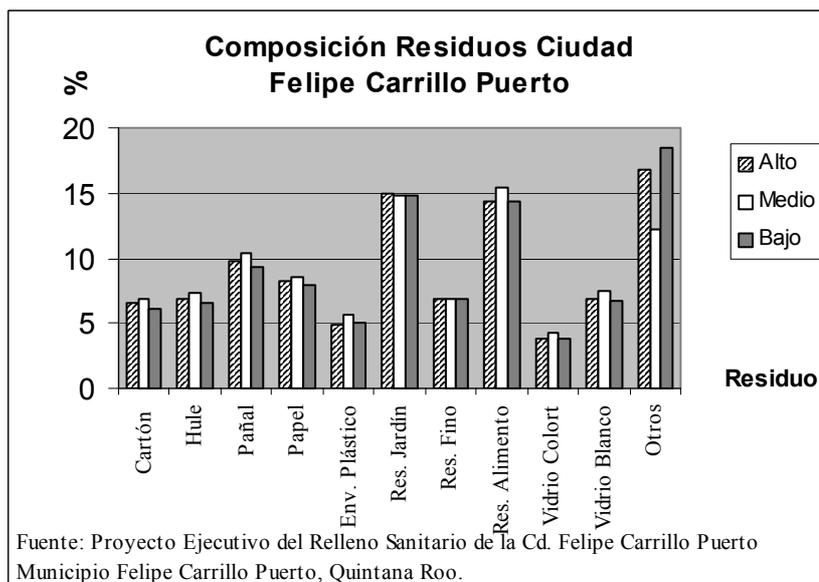


Figura C-23: Resultados del Estudio de Composición de Residuos

b. Estimación

Como ya sea explicado, la falta de datos, hace imposible el preparar un flujo de desechos que esquematice la cantidad de desechos que se generan, se recolectan, los tiraderos clandestinos, etc., en el municipio. De cualquier forma, la cantidad de desecho recolectada y la desechada pueden ser calculadas, basándonos en la información obtenida.

La población de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto fue aproximadamente de 18,500 habitantes en el 2000. la información con que se cuenta, nos dice que cerca del 50 % de los residentes de esta ciudad cuentan con el servicio de recolección.,la cantidad de desechos generada es de 0.8 Kg./persona/día, de acuerdo con las tasas de generación arriba mostradas. No se cuentan con datos de las cantidades generadas por actividades comerciales. Entonces, se supone que 3 ton/día son generadas debido al tamaño de la población. Mas aun, no toda la cantidad de desechos que se generan es recolectada, cierta cantidad es reciclada o queda dispersa, etc., por lo tanto se supone que el 90 % es recolectado.

En consecuencia, la información con que se cuenta y nuestros cálculos nos dicen que cerca de 9 ton/día son recolectadas y desechadas.,(18,500 x 50 % x 0.8 kg/persona /día + 3 ton/día) x 90 %.

C.2.4.3 Sistema Técnico

a. Introducción

Para brindar el servicio de recolección, transporte, barrido y disposición final la Dirección de Servicios Públicos Municipales cuenta con la siguiente estructura organizativa:

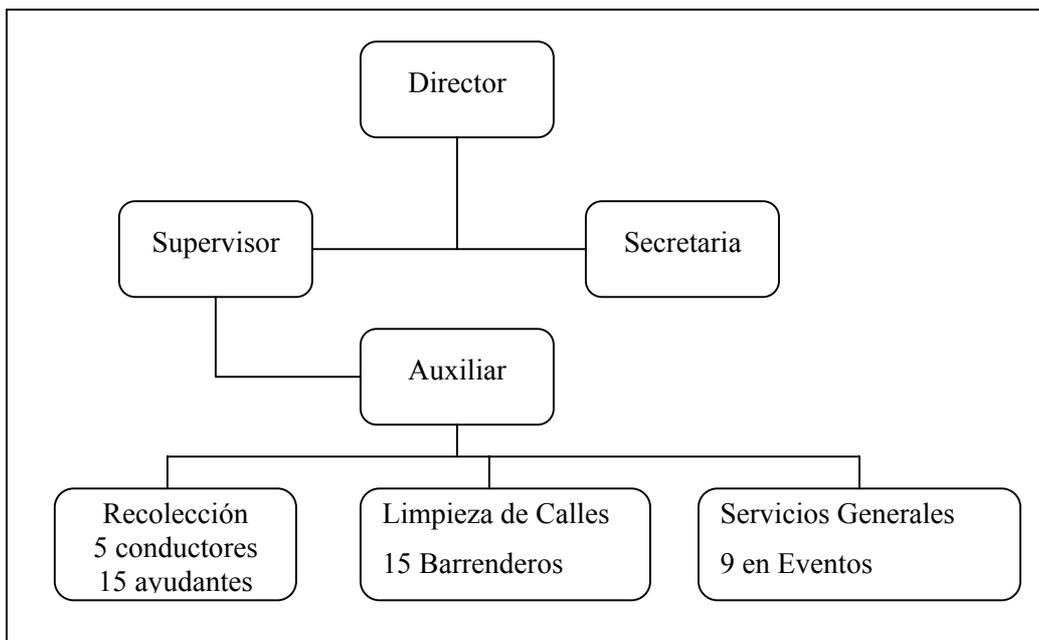


Figura C-24: Organigrama de la Dirección de Servicios Públicos Municipales

Dentro de las funciones de la Dirección se encuentra la de diseñar el servicio de recolección y transporte estableciendo rutas y horarios para la recolección de los residuos, industrializar y comercializar la basura directa o descentralizadamente u otorgarla en concesión, determinar los lugares en que se ubicarán los basureros públicos, avisar de las infracciones cometidas por los usuarios, etc.

Actualmente la Dirección sólo realiza el servicio en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto, no atendiendo las otras localidades. El sistema de manejo responde principalmente a las necesidades de la ciudad, no existiendo una planificación del mismo, principalmente por los bajos recursos que tiene el municipio.

b. Sistema de entrega y almacenamiento.

El acondicionamiento de los residuos sólidos domiciliarios se realiza en bolsas plásticas de supermercado, las que generalmente se instalan frente a las residencias en las aceras o en canastillos, para posteriormente ser retiradas por personal de la recolección. También se utilizan pero en menor proporción recipientes plásticos, de madera o metálicos de baja capacidad.

En el sector comercial, los residuos son almacenados en bolsas plásticas, o en tambos de 200 litros donde los residuos son puestos a granel. Para el caso de los restos de embalajes, estos generalmente son dispuestos frente a los locales sin ningún tipo de acondicionamiento. Los residuos de instituciones y escuelas son almacenados a granel en tambos de 200 litros.

Los residuos hospitalarios orgánicos y patógenos son acondicionados en bolsas especiales plásticas, totalmente cerradas.

Adicionalmente, el municipio ha instalado un total de 50 contenedores plásticos y 50 tambores de 200 litros en las zonas turísticas, parques, plazas, áreas comerciales y zonas de alta concentración de personas. A pesar de ello la comunidad tiene la costumbre de arrojar sus residuos en cualquier lugar observándose grandes acumulaciones de basura en las vías públicas, lo que se acentúa en especial en la ciudad porque los usuarios no sacan sus residuos al momento de pasar el camión recolector, como se muestra en la siguiente figura.



Figura C-25: Acumulación de Residuos en la Vía Pública

Por otra parte, en los tambores instalados en la vía pública se deposita cualquier tipo de residuo inclusive restos de escombros, lo que dificulta la recolección de los mismos.

c. Servicio de Recolección y Transporte

El servicio de recolección y transporte se da exclusivamente en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto, atendiendo a las colonias de Plan de Ayala, Leona Vicario, Lázaro Cárdenas, Rafael Melgar, Cecilio Chi, Javier Rojo Gómez, Juan Vega, Centro y Jesús Martínez Ross, cubriendo el área que se muestra en la figura siguiente

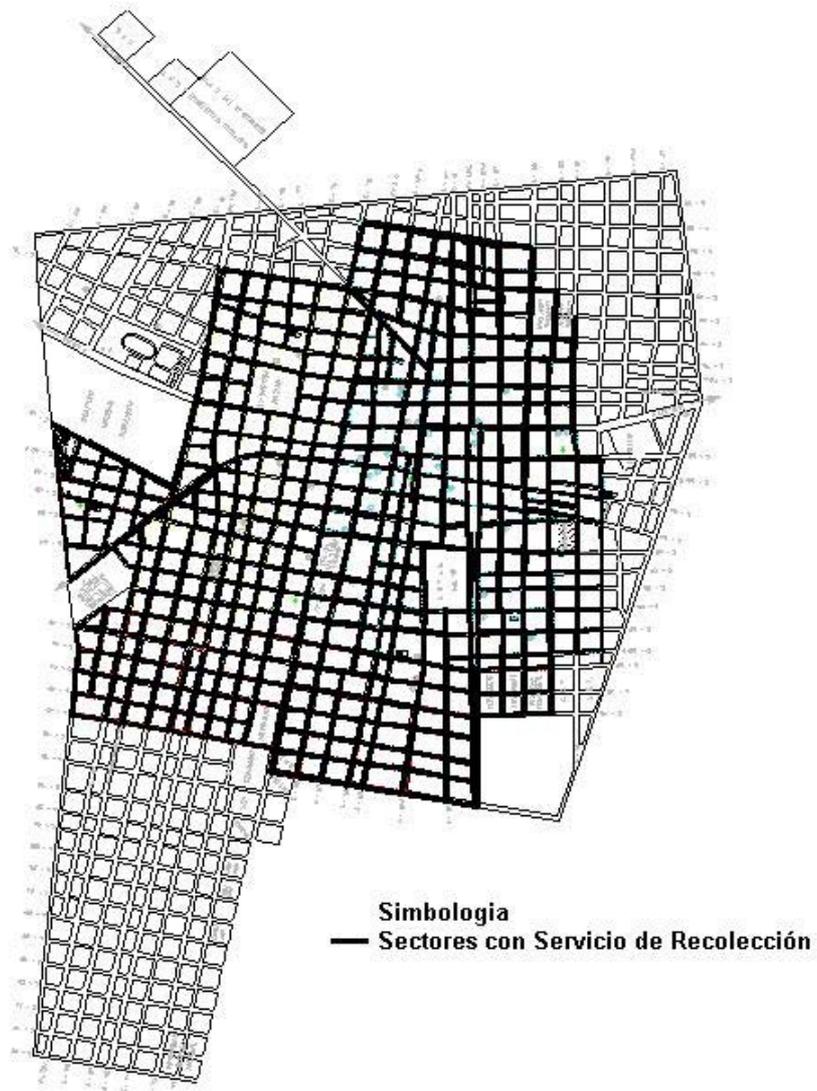


Figura C-26: Area de Atención del Servicio de Recolección

El servicio de recolección incluye el levante de los residuos domiciliarios, comerciales, institucionales y hospitalarios. Dentro de los residuos hospitalarios se incluyen los orgánicos y patológicos.

El método de recolección es puerta a puerta y el camión anuncia su paso por medio de una campanilla.

El servicio de recolección se realiza de Lunes a Domingo de acuerdo al siguiente horario:

Días de Atención	Horario
Lunes a Vienes	06:00 a 13:00 horas
	14:00 a 18:00horas
Sábado y Domingo	06:00 a 11:00 horas

En el sector centro la recolección de Lunes a Viernes se realiza dos veces en el día, en jornada diurna y vespertina cubriendo en ambas jornadas toda el área, los días Sábado y Domingo se brinda exclusivamente en horario diurno. Los residuos hospitalarios también son recolectados diariamente pero solamente en la jornada diurna.

Las colonias más cercanas al centro de la ciudad caso de Juan B. Vega, Javier Rojo Gómez, Cecilio Chi, Leona Vicario Y Jesús Martínez Ross, son atendidas tres veces por semana, en especial las avenidas de estas que se encuentran colindando con el área céntrica, que inclusive en algunas oportunidades el servicio se da en las dos jornadas

El resto de las colonias que están más alejadas del centro de la ciudad, como ser Mario Villanueva, Plan de Ayala, Francisco May, Rafael Melgar y Lázaro Cárdenas, la recolección se puede realizar tres o dos veces por semana, en un único turno y sólo cubre parte de las colonias, ello principalmente por el mal estado de las calles.

Se puede decir, que el servicio apunta a mantener limpia la zona centro más las principales avenidas de la ciudad, en especial aquellas que conectan con otras ciudades. Los camiones inician el servicio en un punto fijo y van levantando los residuos hasta completar la capacidad del camión, momento en que se dirigen al tirado para descargar los desechos, luego vuelven a la ciudad para seguir atendiendo al sector, terminan su trabajo cuando toda el área ha sido recolectada o cuando se cumple el horario de trabajo.

El servicio se realiza con dos camiones Ford año 1998 implementados con tolva de volteo de 11 m³ de capacidad, los que atienden el sector centro y el resto de las colonias sin incluir el área periférica de éstas. Estos camiones están operativos de Lunes a Domingo y durante las dos jornadas diarias. Los días Sábados y Domingo realizan la recolección también de los hospitales y/o centros de salud.

Los residuos hospitalarios y de las áreas periféricas de las colonias son recolectados con un camión redila de 4 m³ de capacidad, el que está operativo de Lunes a Viernes solamente en jornada diurna.

Dada la antigüedad y las condiciones de trabajo de los camiones, estos se encuentran en precarias condiciones, por lo que constantemente requieren de mantenimiento reparativo, no contando la Dirección con los recursos necesarios para llevarlo a cabo, motivo por el cual estos pueden estar varios días fuera de servicio. En la actualidad, el municipio está realizando las gestiones para adquirir dos nuevos camiones volquete.

La Dirección cuenta con una instalación para el aparcamiento y mantenimiento de los vehículos, este lugar tiene un área para el depósito de chatarras y vehículos abandonados o accidentados. La figura muestra detalle de las instalaciones.

El personal considerado en el servicio incluye 5 conductores y 15 recolectores, asignados por cuadrilla (1 conductor y tres recolectores) a cada camión y por horario de recolección, es decir, dos cuadrillas sirven en los camiones de volquete en el turno de la mañana, otras dos cuadrilla en los mismos camiones pero en el turno de la tarde y una última cuadrilla asignada al camión redila.



Figura C-27: Instalaciones Aparcamiento y Mantenimiento de Camiones

El servicio de recolección en el mercado de la ciudad fue asumido directamente por los comerciantes debido a lo irregular del servicio realizado por la Dirección, para ello adquirieron un camión acondicionado con una tolva de capacidad 3 Toneladas, con el que se efectúa diariamente la recolección. El número de viajes que realiza al tiradero depende de la cantidad de residuos que se generan, en este vehículo se van acopiando los residuos y cada vez que se completa su capacidad, estos se llevan al tiradero.

También existen dentro de la ciudad uno o dos particulares que cuentan con pequeños camiones planos implementados con barandas, que ofrecen un servicio particular de recolección. Estos vehículos recorren las distintas calles de la ciudad, especialmente durante la mañana y van recolectando residuos en las casas o comercios donde los generadores están dispuestos a cancelar entre 5 a 10 pesos por retiro. Existen algunos generadores que en forma continua utilizan este servicio, otros lo hacen exclusivamente en las ocasiones en que sus desechos no fueron recolectados por el servicio municipal, ya sea porque no se cumplió la atención o porque no sacaron sus basuras a tiempo.

La Dirección lleva exclusivamente un control de los viajes realizados por cada camión y fiscaliza en terreno a través del supervisor el desarrollo del servicio.

Revisado los antecedentes y analizado el servicio de recolección y transporte de residuos, podemos indicar que éste se efectúa con una programación mínima, que está muy lejos de cubrir las necesidades, inclusive de la zona que tiene cobertura, y que de no mejorarse en

corto plazo, se puede tornar inmanejable con los consiguientes problemas que ello significa, afectando la salud de la población, las condiciones sanitarias y el desarrollo del turismo.

c.1 Cantidad de Residuos Recolectados

Sobre la base del número de viajes que realiza cada camión y considerando un tonelaje promedio para cada camión, la Dirección ha determinado la cantidad de residuos recolectados.

Los camiones volquete realizan de Lunes a Viernes cinco viajes al lugar de disposición final tres en horario diurno y dos en horario vespertino, los días Sábado y Domingos el número de viaje se reduce a dos. El camión redila realiza de Lunes a vienes dos viajes diarios.

El municipio para los camiones de volquete tiene considerada una capacidad de 5 ton/viaje y para el camión redila de 2 ton/viaje, valores altos tomando en cuenta que los desechos no están compactados y para los residuos domiciliarios su densidad debiera ser aproximadamente 200 Kg/m³. De acuerdo al criterio utilizado por la Dirección la densidad de los residuos esperada en el camión volquete es de 450 kg/m³ y para el camión redila de 500 Kg/m³. por lo que semanalmente se debieran recolectar 310 toneladas de residuos, lo que da una producción per cápita de 3 Kg/hab/día.

Si se utiliza la densidad de 200 Kg/m³, la producción semanal sería de 135.6 toneladas, obteniéndose una producción per cápita de 1,3 Kg/hab/día. Se puede esperar entonces una producción per cápita menor a 1 kg/hab/día para los residuos domiciliarios, si se considera que dentro de los desechos recolectados, se incluyen los generados en el área comercial, institucional, hospitalarios, barrido, jardines y población flotante, este valor coincidiría con los determinados en el estudio de generación y composición de desechos de la ciudad, que se realizó como parte del Proyecto Ejecutivo de Relleno Sanitario encargado por SEDUMA y que determina una producción per cápita entre 0.75 a 0.84 Kg/hab/día.

c.2 Servicios Especiales de Recolección.

Tres veces en el año, la Dirección de Servicios Públicos Municipales realiza un operativo en las localidades de Señor, Laguna Kana, Tihosuco, Chunhuhub Tepic y Polyuc.

Este operativo tiene como objetivo recolectar los residuos voluminosos y chatarras que se encuentran acumuladas en las localidades, para evitar la proliferación de mosquitos trasmisores de enfermedades como el dengue. En esta oportunidad la Dirección concurre con todo su personal y vehículos al área de atención, los trabajos se realizan en conjunto con la comunidad

En algunas oportunidades y de acuerdo a la solicitud de las alcaldías se puede efectuar otro operativo, siempre y cuando se disponga de los recursos.

d. Servicios de Barrido

El servicio de barrido es operado por la Dirección de Servicios Públicos Municipales y cubre el área céntrica y principales avenidas de la ciudad. La figura siguiente muestra el área de atención del servicio.

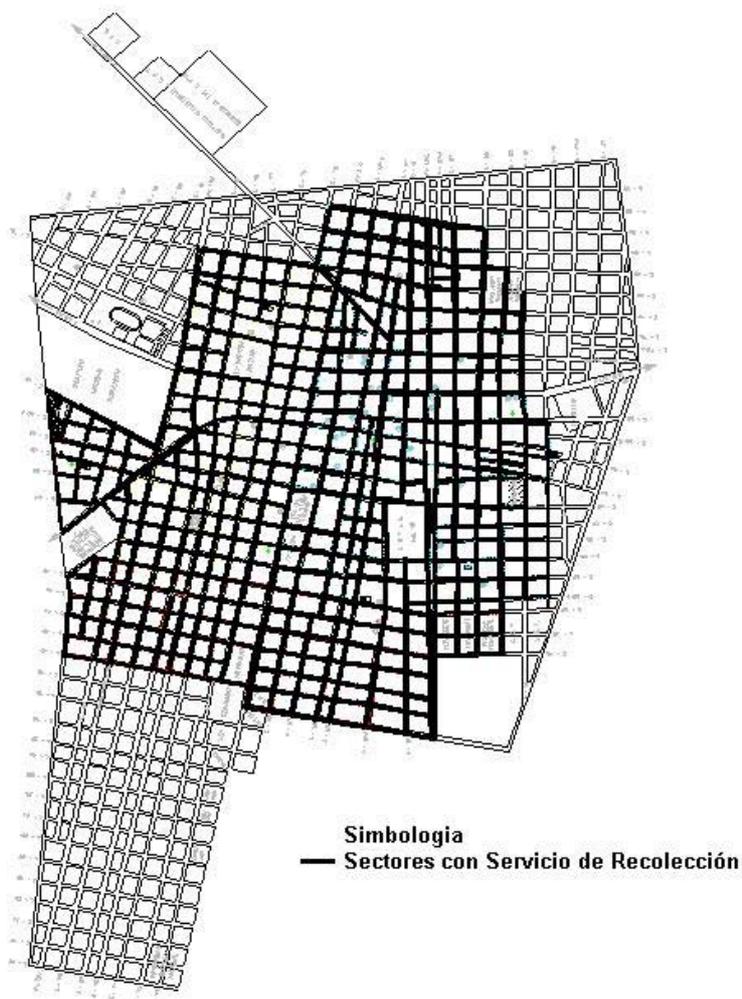


Figura C-28: Área Servicio de Barrido

El tipo de barrido es manual y es realizado por un total de 15 personas, cada una de ellas tiene asignadas las mismas calles todos los días, de Lunes a Viernes.

El horario de atención es de 06:00 a 13:00 horas, aunque no siempre se respeta y en muchas ocasiones el servicio se inicia antes y termina cuando el trabajador a limpiado todo el recorrido asignado.

Para realizar el servicio cada barredor cuenta con una escoba, una pala y un carrito donde colocan los desechos, en la medida que se completa la capacidad de estos, los desechos son llevados a zonas de acopio donde son recolectados por los camiones volquete. En el caso que el camión ya realizó la recolección, los carritos son llevados al municipio, donde son recolectados por los camiones en el turno de la tarde. El rendimiento diario por barredor es de aproximadamente 1,000 m.

La correcta ejecución de los servicios es fiscalizada por dos supervisores, quienes verifican que el servicio se haya realizado en cada una de las calles consideradas. No existen niveles ni indicadores de calidad del servicio.

De acuerdo a los antecedentes manejados por la Dirección, diariamente se recolectan unas 3 toneladas de desechos provenientes del barrido, el costo del servicio es de \$432,000 anuales.

e. Disposición Final

Todos los residuos recolectados, tanto por la Dirección de Servicios Públicos Municipales, como por el mercado y particulares, son dispuestos en un tiradero a cielo abierto que se ubica a 6 Km de la ciudad, a un costado de la carretera federal que une a Felipe Carrillo Puerto con Cancún.

Este tiradero no posee ningún tipo de obra o infraestructura, tampoco existe personal que lleve un control de ingreso o registro del número de viajes.

Los residuos están dispuestos en forma desordenada ocupando gran parte de la extensión del terreno, en algunos casos en capas de pequeño espesor. No se observa acumulación de lixiviados, seguramente estos se han infiltrado debido a la permeabilidad de los suelos. Existe un gran número de aves, mosquitos y moscas.

Las condiciones del tiradero se observan en las fotos siguientes.



Figura C-29: Tiradero Felipe Carrillo Puerto

El tiradero recibe residuos durante las 24 horas del día, debido a la falta de control, en reiteradas oportunidades se han generado incendios, la mayor parte de ellos en forma intencional por parte de pepenadores que realizan la recuperación de productos como latas, vidrios, cobre, etc. Estos incendios duran meses y afectan toda el área circundante, en especial la carretera que va a Cancún, la que es cubierta por la humareda, dificultando la visibilidad de los conductores y provocando accidentes, algunos de ellos con graves consecuencias.

Dos veces en el año, la Dirección concurre al sitio con maquinaria para acomodar los desechos y poder desocupar algunas áreas para seguir depositando basuras. Algunos de los incendios son provocados para reducir el volumen de residuo y lograr una mayor vida útil del sitio.

Actualmente la Dirección de Servicios Públicos Municipales, está pensando en cambiar el lugar del tiradero, para ello tiene considerado un sitio que se localiza a 10 km de la ciudad a un costado de la carretera federal Carrillo Puerto Valladolid, con el propósito de reducir costos ya que por el uso del tiradero actual se debe cancelar un arriendo, en cambio el nuevo sitio pertenece al municipio. La intención de la Dirección es crear un nuevo tiradero en este lugar, sin ningún tipo de protección al medio ambiente o control lo que justifican en base a la falta de recursos que le impide desarrollar otro tipo de disposición final.

Las otras localidades del municipio, también disponen sus residuos en tiraderos los que generalmente se ubican en sitios donde anteriormente se ha extraído material (sascab), dichos sitios presentan condiciones insalubres y representan serios focos de contaminación del aire por la quema de los desechos y del agua subterránea por infiltración de los líquidos percolados.

f. Mantenimiento de los Vehículos

La Dirección de Servicios Públicos Municipales cuenta con cinco vehículos para realizar el servicio de recolección, 4 camiones de recolección y una camioneta para fiscalización del servicio. Las características de los vehículos son:

Tipo	Marca	Modelo	Antigüedad	Capacidad
Compactador	Chevrolet	Cheyenne	1998	3 ton
Volteo	Ford	F 450	1999	8 ton/
Volteo	Ford	F 450	1999	8 ton/
Redila	Chevrolet	3.500	1993	3 ton/
Camioneta	Nissan	750	1997	

Todos los vehículos se encuentran en muy malas condiciones, como se puede apreciar en las siguientes fotos:

	<p>CAMIÓN COMPACTADOR CHEVROLET CHEYENNE</p>
	<p>CAMIÓN DE VOLTEO FORD F450 XL SUPER DUTY</p>

	<p>CAMIÓN DE VOLTEO FORD F 450 XL SUPER DUTY</p>
	<p>CAMIÓN REDILLA CHEVROLET 3500</p>
	<p>CAMIONETA NISSAN 750</p>

Los vehículos se estacionan en el aparcadero municipal.

Para el caso del tiradero, se dispone de un bulldozer Caterpillar modelo D-5 que es de propiedad de la Dirección de Obras Públicas. Esta máquina concurre al relleno cada dos o tres meses y procede a acomodar los residuos.

La Dirección de Servicios Públicos Municipales no cuenta con infraestructura para efectuar el mantenimiento preventivo y/o reparativos de sus vehículos, por lo que ante cualquier falla o desperfecto de ellos, los vehículos son reparados por talleres externos.

El procedimiento a seguir cuando algún vehículo se daña es el siguiente:

- La Dirección de Servicios Públicos Municipales informa por escrito a Oficialía Mayor sobre el desperfecto del vehículo y las probables causas (ver figura siguiente).
- Oficialía Mayor envía personal a evaluar el daño del vehículo y define el taller donde se procederá a efectuar la reparación,
- Oficialía Mayor confecciona una tarjeta dirigida al taller, la que envía al proveedor junto con el vehículo, para que proceda a realizar la reparación
- Cuando los trabajos se han ejecutado el taller informa a Oficialía mayor, esta a su vez informa a la Dirección de Servicios Públicos Municipales para que retire el vehículo.

C.2.4.4 Revisión de los Planes Estatales.

El estado de Quintana Roo, está desarrollando a través de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente una estrategia encaminada a mejorar la disposición de los residuos sólidos domiciliarios en sus municipios, con ese objetivo SEDUMA ha encargado la elaboración de un Proyecto Ejecutivo de Relleno Sanitario y el Manifiesto de Impacto Ambiental de un relleno sanitario que reemplace al actual tiradero de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto.

En la actualidad el proyecto está en la etapa de evaluación del Manifiesto de Impacto Ambiental, concluido éste, SEDUMA tiene considerado ejecutar la construcción para que posteriormente sea operado directamente por el municipio.

El sitio seleccionado para desarrollar el proyecto tiene una superficie de 12.7 ha, se localiza en un predio denominado Rancho Raymundo, ubicado a la altura del Km 10.5 de la carretera federal 184 Felipe Carrillo Puerto – Chunhuas, en su margen sur.

La vida útil del proyecto está estimada en 10 años, permitiendo la disposición de 200,000 toneladas aproximadamente.

El proyecto contempla las siguientes obras de infraestructura: caseta de control, caseta de báscula, oficina administrativa, cobertizo, cerca perimetral, red de agua potable, instalación de energía eléctrica, red de conducción de aguas negras, caminos interiores, dren de protección, red de captación de lixiviados, laguna de evaporación, señalizaciones, cárcamo de bombeo, etc.

Se proyecta la impermeabilización del fondo del relleno, con las siguientes capas:

- Dos capas de sascab de 20 cm
- Dos capas de geomembrana de 60 milésimas de espesor
- Dos capas de geotextil
- Capa de drenaje para extraer los lixiviados
- Capa granulada sobre la capa de drenaje.

El sistema de recolección de líquidos percolados está proyectado a través de la construcción de drenajes que incluirán tuberías de captación, los que se ubicarán sobre la impermeabilización de fondo. Los líquidos recolectados serán conducidos a dos lagunas de evaporación impermeabilizadas, que permitirán la acumulación de 11,335 m³.

Se contempla la construcción de pozos de venteo para el biogás, estos se emplazarán dentro de las celdas de basura y estarán equidistantes unos de otros a una distancia de 50 m.

El proyecto considerar desarrollar un programa de monitoreo durante todas las etapas del relleno, este programa considera el monitoreo del biogás, lixiviado, aguas subterráneas, calidad del aire y ruido. Dentro de éste programa se contempla la construcción de 9 pozos

de monitoreo distribuidos aguas arriba y abajo del relleno sanitario y que permitirán monitorear la calidad de las aguas subterráneas y establecer a la vez si existe migración de los lixiviados.

El tipo de relleno a desarrollar es de área, contemplándose el mínimo de movimiento de tierra debido a la profundidad del acuífero. El material de cobertura será obtenido de las excavaciones realizadas en el sitio, como éste no es suficiente se tiene considerado traerlo de un empréstito externo que se localiza a 30 Km.

En la operación del relleno se utilizará un tractor angledozer del tipo D-3, tractor D-5, camión cisterna para transporte de agua, camión cisterna para transporte de lixiviado, camión de volteo de 7m³. En relación al personal, se considera un ingeniero residente, una secretaria, dos supervisores de campo, un vigilante, tres tractoristas, tres ayudantes generales, un basculista, un velador, dos acomodadores.

El proyecto considera la clausura y post clausura del sitio

El Manifiesto de impacto Ambiental en relación a los impactos concluye textualmente:

- El relleno Sanitario de la Localidad de Felipe Carrillo Puerto, implica la generación de 9 impactos adversos significativos, manifestándose 8 en la etapa de operación y uno en la etapa de preparación del sitio sobre los atributos ambientales de calidad del acuífero, suelo y salud humana. Atendiendo a esta situación, será necesaria la aplicación de medidas de prevención y mitigación que permitan la adecuación del proyecto al medio natural en que se realizará.
- El desarrollo del proyecto en sus diferentes etapas provocará la generación de 36 impactos adversos no significativos, los cuales se manifestará por igual en la preparación del sitio, construcción y operación. Del total de impactos adversos no significativos identificados, en 27 de ellos, es factible la aplicación de medidas que prevengan dichos impactos; de los impactos restantes(9), se considera que las características de los atributos impactados: vegetación topografía y suelo fueron modificados de manera tal que no existe la posibilidad de restablecer sus condiciones originales.
- Los impactos benéficos significativos se presentan principalmente en la etapa de construcción sobre los atributos ambientales de suelo, agua y aire. Esto debido a que la construcción de infraestructura para evitar ó minimizar los impactos ambientales que originará el proyecto, se consideran importantes para evitar procesos contaminantes.

- Cabe destacar que se identificaron 2 impactos benéficos significativos en la etapa de operación del proyecto, dichas actividades se refieren a los pozos de monitoreo para biogás y lixiviados, los cuales permitirán verificar el adecuado funcionamiento de la tecnología propuesta.

El relleno sanitario proyectado, si bien representa una solución para el manejo de los residuos sólidos de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto, no se ajusta a la realidad presupuestaria del municipio ni a la cantidad de residuos generados. Hay una serie de obras que están sobre dimensionadas al igual que las actividades operacionales, a modo de ejemplo, podemos decir que se considera un total de 15 trabajadores, cuando en la actualidad no se realizan más de 12 viajes en el día al tiradero, y si se contemplará usar en el futuro camiones compactadores el número se reduciría a menos de la mitad, lo mismo sucede con la maquinaria.

Un proyecto de relleno sanitario para esta ciudad sólo será viable en la medida que existan los recursos, y dado que el municipio no cobra por el servicio, por el momento es casi imposible aumentar el presupuesto destinado al manejo de los residuos sólidos. Este criterio debe tenerse presente no tan sólo en la disposición final, sino también para toda la planificación del servicio, hay que pensar que la cobertura actual cubre únicamente el 23% de la población.

Una de las alternativas que se podría desarrollar en la disposición de los residuos sólidos por el momento podría ser un relleno sanitario semi mecanizado, que cuente con la protección del acuífero a través de la impermeabilización de fondo del relleno y la extracción de lixiviados los que serían almacenados en una laguna de acumulación. La operación de éste sería manual, lo que permitiría el acomodo de los residuos y la conformación de celdas, ejecutando la cobertura una vez a la semana o cada 15 días, utilizando un camión volquete para el transporte del material y un cargador frontal para cargar la cobertura y realizar su esparcimiento sobre las celdas de basura.

Los costos de este sistema de operación podrían ser absorbidos por el municipio, más aún si se logra aplicar alguna tarifa de cobro por el servicio, lo que aseguraría la continuidad del servicio.

Es de gran importancia que en estos momentos se establezca una fuerte coordinación entre el H. Ayuntamiento y SEDUMA, de manera que en conjunto enfrenten la problemática del manejo de residuos sólidos, que no sólo se circunscribe a la disposición final, sino también a todos los servicios, de modo de lograr una planificación del mismo, considerando el logro de metas a corto y mediano plazo, y evitando así el colapso del sistema.

C.2.4.5 Organización

La estructura organizacional del Municipio atiende su responsabilidad en el manejo de los residuos sólidos a través de la Dirección de Servicios Públicos Municipales. Esta Dirección se hace cargo de la recolección, transporte, barrido y disposición final de los residuos.

Existe una gran debilidad en la atención del servicio y sólo se presta en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto con una cobertura del 50% de la población en las colonias de Plan de Ayala, Leona Vicario, Lázaro Cárdenas, Rafael Melgar, Cecilio Chi, Javier Rojo Gómez, Juan Vega, Centro Y Jesús Martínez Ross. Tres veces al año realiza operativos de limpieza en las localidades de Señor, Laguna Kana, Tihosuco, Polyuc, Chunhuhub y Tepic.

En el servicio de recolección se tienen asignados 5 choferes y 15 ayudantes y en barrido a 15 operarios.

C.2.4.6 Sistema Financiero

En la Sección 2.3.5.2 se presentó una descripción de los impuestos y derechos municipales. Los derechos por prestación de servicios son cargos cobrados por las oficinas del gobierno municipal por diversos servicios, incluyendo el servicio de residuos sólidos. En el caso del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, el servicio de residuos sólidos se presta en la actualidad libre de cargos. Sin embargo, parece estar creciendo el reconocimiento de que se necesita cobrar un derecho por el servicio de residuos sólidos en forma de cargos mensuales fijos aplicables a domicilios y a firmas comerciales.

En el 2002, el costo del servicio de residuos sólidos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto se estimó en 1.16 Millones de Pesos. Como los egresos municipales en el 2002 ascendieron a 86.6 Millones de Pesos, el servicio de residuos sólidos en Felipe Carrillo Puerto requirió el 1.3% de los gastos municipales.

Se considera que la generación de residuos sólidos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto es de 40 toneladas por día, o 14,600 toneladas por año. Con un costo del servicio de residuos sólidos de 1.16 Millones de Pesos en 2001, el costo por tonelada se podría estimar en alrededor de 80 Pesos, o alrededor de USD8, que podría ser considerado mejor como el costo de la recolección de residuos sólidos. Sin embargo, un cálculo rápido durante una reunión indicó que la recolección de 40 ton por día era más probable que fuese 20 ton por día, el cual al considerarse la cobertura del servicio sería de 12 ton por día. En este último caso, el costo de la recolección de residuos sólidos sería de 265 Pesos por tonelada, o USD 26 por tonelada. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) indicó como USD25-40 por tonelada el rango aceptable del costo de recolección de residuos sólidos en el 2001.

C.2.4.7 Sistema Contable

La Sección 2.4.5.1 Finanzas Públicas presentó los ingresos y egresos del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, mostrando las diferentes cuentas utilizadas para describir los conceptos contenidos en los ingresos y egresos municipales. Las cuentas son comunes a las oficinas gubernamentales. Se trata de una contabilidad gubernamental. El cuadro general de ingresos y egresos no permite identificar cada ingreso o egreso, ya que agrupan a una amplia serie de ingresos y egresos bajo un concepto amplio como Ingreso por Derechos o Gastos Personales.

Es posible, sin embargo, estimar los ingresos y egresos correspondientes al servicio de residuos sólidos, como ya fue hecho por el Ayuntamiento a pedido del equipo de estudios. El cumplimiento del pedido ha requerido esfuerzos especiales, determinando las cifras correspondientes a ingresos y egresos de este servicio específico de acuerdo a los números de cuentas correspondientes, lo cual es un proceso sujeto a la introducción de errores.

Se puede decir que la contabilidad en la actualidad se encuentra dirigida a la administración y control presupuestarios, lo cual es comprensible para una oficina gubernamental. Sin embargo, como proveedor de servicios, sería de mucha conveniencia si el Ayuntamiento pudiese tener una idea clara sobre los costos e ingresos de cada servicio. Al tener las cifras de ingresos y egresos de cada servicio en forma separada, sería posible el cálculo de los indicadores de desempeño del servicio. Los indicadores de desempeño son esenciales para implementar un sistema de monitoreo continuo, el cual es un paso necesario para mejorar la eficiencia y la eficacia del servicio.

C.2.4.8 Aspecto Social

Se muestran aspecto social y consideración como siguiente.

Aspecto Social	Consideración
Cobertura del servicio de recolección	50% en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto. En la zona rural es práctica común quemar los residuos sólidos.
Disposición de los residuos sólidos frente a la normatividad	El 100% de los residuos sólidos se disponen sin cumplir las normas oficiales mexicanas.
Conservación de la salud	Importantes niveles de incidencia de enfermedades relacionadas con un manejo inadecuado de los residuos sólidos: infecciones intestinales, dengue, fiebre tifoidea, helmintiasis.
Calidad de agua para bebida	Se ha estimado en forma preliminar que la intrusión de lixiviados en el acuífero corresponde a una carga contaminante 488.1 toneladas de DBO por año

C.2.4.9 Educación Ambiental

En el municipio de Felipe Carrillo Puerto se realizaron actividades de protección al medio ambiente, a través de un Programa de Educación Ambiental para difundir la Biodiversidad y el Manejo de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an para alumnos de escuelas primarias.

Este programa consistió en visitas guiadas para visualizar la flora y fauna de la región. Además, el Ayuntamiento de Felipe Carrillo Puerto en coordinación con la SEMARNAT se distribuyeron plantas en escuelas primarias y secundarias para plantar las mismas con el objetivo de proteger el ambiente.

Sin embargo, con relación al manejo de los residuos sólidos no existen programas de educación ambiental a excepción de programas de limpieza implementadas por el propio municipio.

C.3 Solidaridad

C.3.1 Monitoreo de la Calidad del Agua

Como se mencionó en el apartado sobre Othón P. Blanco, el monitoreo de la calidad del agua es periódicamente verificado por dos instituciones: la Marina que se encarga de revisar las aguas de la costa de la Península de Yucatán y el Golfo de México y por CAPA que revisa el buen estado del agua.

El monitoreo realizado por la Marina tiene el propósito de revisar la eutrofización del agua y su adecuación para su anotación. Mientras que CAPA tiene la función de revisar su adecuación como fuente de abastecimiento de agua.

CAN realizó un estudio sobre la cantidad de agua disponible y su calidad para lo cual designó a los cenotes y pozos para encontrar el incremento de la demanda. Los resultados del estudio recomendaron la preservación de los recursos del agua y el establecimiento de una red de monitoreo de la calidad del agua.

C.3.1.1 Calidad del Agua de las fuentes de Abastecimiento del Agua.

En el año 2001 CAPA levó a cabo un monitoreo de los recursos del agua en Solidaridad así como también en Othon P. Blanco y Felipe C. Puerto y CNA realizó estudios de calidad del agua en 30 lugares tales como los cenotes. El siguiente cuadro muestra los resultados del estudio:

Cuadro C-33: Calidad del Agua de las Fuentes de Abastecimiento

ID	Fecha	Lugar	Temp. del Agua.	pH	DBO (mg/litro)	COD (mg/litro)	Colif. Tot.	N-org (mg/litro)	N-amon. (mg/litro)	NO ₂ (mg/litro)	NO ₃ (mg/litro)	T-N (mg/litro)
1	16-Oct-01	Cenote Chemuyil	27.8	7.0	2.0	10.3	0	1.44	0.05	0.04	0.60	2.13
2	16-Oct-01	Noria en Tulum	28.8	7.2	2.0	1.0	460	1.15	0.05	0.03	0.80	2.03
3	16-Oct-01	Cenote Calimba	26.6	7.3	2.0	1.0	75	0.57	0.28	0.03	0.40	1.28
4	16-Oct-01	Pozo en Tulum	28.0	7.3	4.2	20.0	9	0.86	0.28	0.04	0.80	1.98
5	16-Oct-01	Pozo en Casa Cenote	27.6	7.2	2.0	83.9	240	1.15	1.73	0.05	0.90	3.83
6	16-Oct-01	Pozo en Akumal	25.3	7.2	2.0	1.0	240	0.57	0.05	0.01	0.50	1.13
7	16-Oct-01	Pozo en el basurero de Akumal	26.8	7.7	3.0	24.6	139	1.15	0.05	0.04	0.60	1.84
8	16-Oct-01	Cenote en banco de materiales	27.2	7.3	2.0	1.0	1,100	0.86	0.05	0.03	0.50	1.44
9	16-Oct-01	Cenote un hueco en Cd. Chemuyil	27.5	7.3	4.0	8.0	1,100	0.57	0.05	0.02	0.30	0.94
10	16-Oct-01	Pozo del Restaurant La Esperanza	27.7	7.6	2.0	1.0	240	0.86	0.86	0.01	0.50	2.23
11	16-Oct-01	Cenote en Cueva de	26.0	7.0	2.0	53.0	460	2.01	0.05	0.04	0.70	2.80

ID	Fecha	Lugar	Temp. del Agua.	pH	DBO (mg/litro)	COD (mg/litro)	Colif. Tot.	N-org (mg/litro)	N-amon. (mg/litro)	NO ₂ (mg/litro)	NO ₃ (mg/litro)	T-N (mg/litro)
		Murciélagos										
12	16-Oct-01	Cenote Dos ojos	26.4	7.0	2.0	86.3	240	0.57	0.05	0.02	0.50	1.14
13	16-Oct-01	Cenote Azul	26.3	7.1	2.0	451.9	240	0.57	0.05	0.01	0.40	1.03
14	16-Oct-01	Cenote Cristalino	26.2	7.3	2.0	83.9	240	0.57	0.05	0.02	0.50	1.14
15	16-Oct-01	Cenote del parque infantil Pto. Aventuras	26.9	7.1	2.0	288.1	75	0.86	0.28	0.04	0.70	1.88
16	16-Oct-01	Cenote en la playa Playa del Carmen	25.6	7.0	2.0	266.7	93	1.44	0.05	0.04	0.80	2.33
17	16-Oct-01	Cenote cercano a Xcaret	25.6	7.2	2.0	36.4	240	0.86	0.57	0.03	0.70	2.16
18	16-Oct-01	Cenote en el antiguo camino a Xcaret	25.9	7.0	2.0	57.8	93	0.57	0.05	0.02	0.50	1.14
19	16-Oct-01	Pozo de CAPA en Puerto Aventuras	26.6	7.2	2.0	212.1	43	0.87	0.05	0.02	0.60	1.54
20	16-Oct-01	Cenote al final brecha Pto. Aventuras	25.8	7.0	2.0	76.8	75	0.86	0.28	0.04	0.70	1.88
21	16-Oct-01	Cenote en el vivero de Pto. Aventuras	26.1	7.0	2.0	1.0	240	0.57	0.57	0.03	0.04	1.21
22	16-Oct-01	Pozo en Cabañas Paamul	27.4	7.3	2.0	1.0	460	0.86	0.28	0.04	0.70	1.88
23	16-Oct-01	Noria en Xcaret	26.9	7.1	2.0	91.0	240	0.86	0.28	0.04	0.80	1.98
24	16-Oct-01	Cenote en Cavernas Chaaktún	25.5	7.1	2.0	57.8	23	0.57	0.28	0.03	0.40	1.28
25	16-Oct-01	Pozo en Hotel Capitán Laffite	25.5	6.9	2.0	57.8	23	0.86	0.28	0.04	0.70	1.88
26	16-Oct-01	Pozo en Playa del Carmen	27.2	6.8	2.0	24.6	23	0.57	0.05	0.01	0.40	1.03
27	16-Oct-01	Cenote en la Granja Sacbé	25.8	7.1	2.0	8.0	23	1.44	0.05	0.05	0.90	2.44
28	16-Oct-01	Sitios de muestreo	27.1	6.8	2.0	1.0	23	0.28	0.05	0.01	0.20	0.54
29	16-Oct-01	Pozo en Rancho Grande	26.4	7.6	2.4	31.4	460	1.44	0.05	0.05	0.90	2.44
30	16-Oct-01	Pozo en Rancho San Luis	26.5	7.6	2.0	1.0	460	1.44	0.05	0.04	0.80	2.33

Fuente: Estudio de Calidad del Agua en el Corredor Turístico Cancún – Tulum, Riviera Maya, Quintana Roo, CNA, Envirotech Tecnologías Ambientales, S.A. de C.V., Dec. 2001

De los valores estudiados en el cuadro de arriba, se analizó la correlación entre COP y T-N que son los indicadores de contaminación orgánica. Si los datos son analizados todos juntos éstos no implica que exista una correlación entre el COP y el T-N como se muestra en la figura 4-1. Sin embargo, si se recogen datos con más de 2 mg/litro de DBO, entonces los datos de COD y T-N muestran posibilidades de correlación como se muestra en la figura 4-2, en donde el valor del R² mostrando el grado de correlación es de 0.92.

Esta correlación se encuentra en las aguas residuales domésticas y se compone principalmente de contaminantes orgánicos. Por consiguiente, los cuatro puntos de donde se obtuvieron los datos podrían tener posibilidad de contaminación por las aguas residuales domésticas.

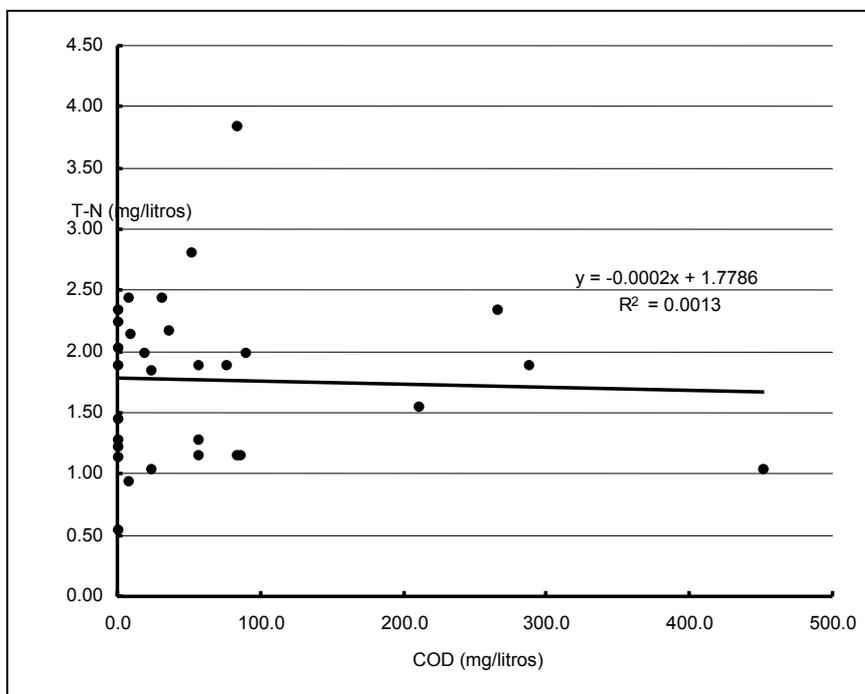


Figura C-30: Relación entre DQO y T-N (muestra completa)

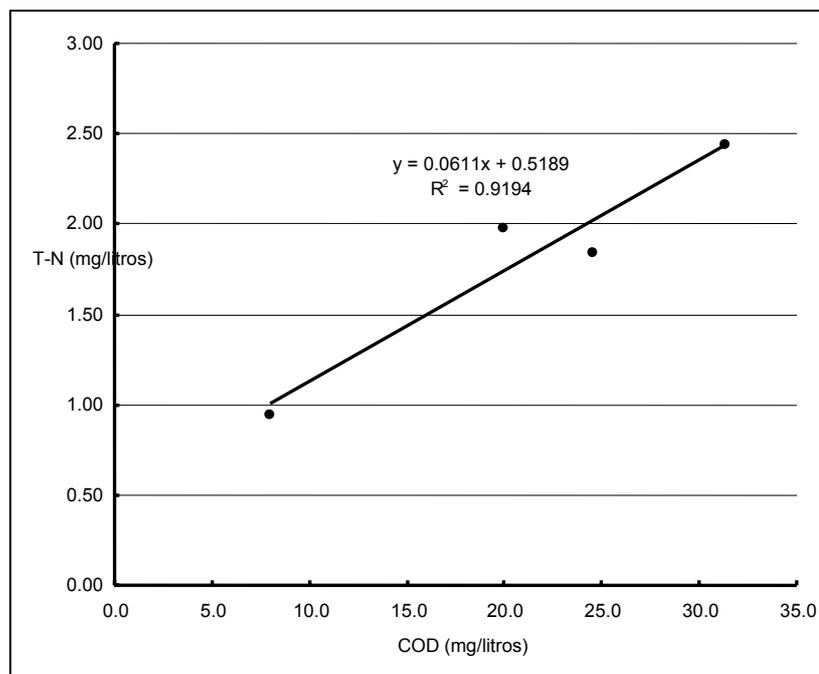


Figura C-31: Relación entre DQO y T-N (con más de 2 mg/litro de DBO)

C.3.2 Manejo de Agua Subterránea

C.3.2.1 Condiciones Hidrogeológicas

El municipio de Solidaridad se ubica en la planicie compuesta por rocas de carbonato de los períodos Mioceno a Plioceno. Los depósitos del Pleistoceno se distribuyen principalmente en el área de la costa. Estas rocas de carbonato constituyen acuíferos. Los *cenotes* se distribuyen en muchos lugares del municipio. En el subsuelo, existen muchas cavidades. Algunas de estas cavidades se estima se conectan directamente con el mar. El nivel del agua es únicamente menor a de 5 m por encima del nivel medio del mar. De acuerdo con la CNA, los datos del pozo de sondeo perforado en el área costera de Akumal, existe agua dulce hasta una profundidad de alrededor de 20 m. Existe agua salobre a un nivel entre 20 a 25 m. Por debajo de los 25 m, el agua subterránea se convierte en agua de mar.

C.3.2.2 Pozos de Extracción y de Inyección

a. Extracción

El número de pozos de producción registrados es de 222. Los pozos de producción para el sector de servicios conforma 58% (129) del número total. Por otro lado, los pozos públicos y para agricultura son menos que en los otros dos municipios, debido a que Solidaridad tiene un área municipal y población menores. El número de pozos es de 29 para uso público y 35 para agricultura, respectivamente.

La CAPA cuenta con 15 pozos de producción en Playa Del Carmen para el abastecimiento de agua para la ciudad. Estos pozos se ubican en el área a 15 km de la costa. El Cuadro C-34 muestra la capacidad de bombeo del campo para pozos. La profundidad del pozo es de 25 a 30 m con un entubado de 12 pulgadas, el cual está equipado con una bomba de turbina para pozo profundo. La CAPA está considerando aumentar la producción de agua mediante la construcción de nuevos pozos profundos en un futuro cercano, debido a la creciente demanda de aprovisionamiento de agua en el pueblo.

Cuadro C-34: Capacidad de Bombeo de la CAPA en el Campo de Pozos de Playa Del Carmen

No. de pozo	Capacidad (LPS)	Velocidad de bombeo real (LPS)	Estado
1	25	27.00	En operación
2	25	24.50	En operación
3	25	40.00	En operación
4	25	34.30	En operación
5	25	21.00	En operación
6	25	29.80	En operación
7	25	25.80	En operación
8	25	25.80	En operación
9	25	25.80	En operación
10	25	25.80	En operación
11	25	32.40	En operación
12	25	-	Almacén
13	25	30.30	En operación
14	25	-	Almacén
15	25	-	Almacén
Total	375	342.50	-

Fuente: CAPA

b. Inyección

La CAPA en Playa Del Carmen cuenta con dos pozos de inyección en su planta de tratamiento de aguas cloacales. Anteriormente un pozo de inyección estuvo en operación durante quince años. Sin embargo, se abandonó este pozo después de que se construyó otro pozo de inyección hace cinco años. También se instaló un pozo de respaldo en la planta. La profundidad del pozo de inyección es de 120 m. El diámetro de entubado es de 12 pulgadas; sin embargo, se desconoce la posición de la rejilla (Figura C-32). La velocidad de inyección es de 45 lps. Esta cantidad es un total de aguas residuales en la planta.

Adicionalmente a este pozo de inyección, Playa Del Carmen cuenta con otra planta para disposición de aguas cloacales en el campo de golf y hotel *PLAYADEL*. Esta planta tiene una capacidad de 80 lps. Cuenta con un pozo de inyección de 65 m de profundidad; sin embargo, se opera principalmente durante la época de lluvias. En la mayor parte de la estaciones se descarga el agua tratada en la laguna o se irriga en el campo de golf.

Por otro lado, de conformidad con la CNA, el número de pozos de inyección registrados en Solidaridad suma 184 (ver Cuadro 2-1, capítulo 2.2.1.5). Esta cifra es la mayor comparada con los otros tres (3) municipios del Área de Estudio. En particular, los pozos de inyección para el sector servicios conforman 92% (169 pozos) del total. Estos pozos de inyección se concentran en las áreas costeras de Solidaridad.



Figura C-32: Pozo de Inyección en la Planta de Tratamiento de la CAPA en Playa Del Carmen

C.3.2.3 Estado Actual de Monitoreo

De conformidad con la CAPA, Playa Del Carmen cuenta con dos pozos de monitoreo. Sin embargo, no se han identificado las ubicaciones y parámetros de éstos durante este Informe de Avance. Como se presenta en el capítulo 2.2.1.5, existen treinta (30) pozos de monitoreo instalados recientemente por la CNA. Por ello, los niveles del agua y la calidad de la misma se monitorearon no solo en la ciudad de Playa Del Carmen, sino en otras poblaciones del área costera de Solidaridad.

El siguiente cuadro muestra diversos parámetros de monitoreo de calidad del agua en 14 pozos de producción en la CAPA de Playa Del Carmen.

Cuadro C-35: Resultados del Análisis de Calidad del Agua en los Pozos de Producción

Parámetro/No. pozo	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CE (micros/cm)	1,018	150	1000	1,000	800	900	1,000	900	850	900	900	1,000	1,000
pH	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Dureza (mg/l)	302	250	300	300	230	248	235	295	280	210	200	240	200
Nitrato(mg/l)	0.62	0.58	0.52	0.75	0.6	1.0	0.9	0.6	0.65	0.6	0.65	0.62	0.6
Sulfato(mg/l)	35	42	38	43	40	51	55	55	55	60	42	40	36
Cloruro (mg/l)	250	280	300	305	200	200	200	210	210	230	250	265	300

CE: Conductividad eléctrica Fecha de análisis: May 14 del 2002
 Fuente: CAPA

La concentración de cloruro permitida es de 250 mg/l, de acuerdo con la normativa mexicana. Varios pozos superan por poco la normativa.

C.3.3 Manejo de Aguas Residuales

C.3.3.1 Aspectos Generales del manejo de Aguas Residuales

a. Situación actual

Playa del Carmen que es la cabecera municipal de Solidaridad es la única área en este municipio que cuenta con sistema de alcantarillado y saneamiento. El Cuadro C-36 muestra el perfil del sistema de alcantarillado y saneamiento en Solidaridad.

Cuadro C-36: Perfil del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento en Solidaridad

Aspectos		Estado de Quintana Roo	Solidaridad
1. Aspectos básicos			
Área del límite administrativo (km ²)		50,843	4,419
Población dentro de los límites administrativos		1,233,490	111,533
Área proyectada de servicio (km ²)		76.02	13.24
Producción de agua (1,000 m ³ /año)		112,737.78	12,406.35
Facturación por suministro de agua (1,000 m ³ /año)		45,700.42	3,946.38
Población con suministro de agua		1,171,816	105,600
Valor unitario de producción de agua (lts./día/persona)		263.58	321.88
Valor unitario. Cantidad efectiva de agua suministrada (l/día/persona)		106.84	102.39
Tasa de generación de agua residual para planeación (litro/persona/día)		75% de la cantidad suministrada	
Unidad de carga contaminante de aguas residuales (g/persona/día)	DBO	54	54
	S S	52	52
2. Población proyectada y actual de servicio para el manejo de aguas residuales			
Sistema de alcantarillado y saneamiento centralizado (fuera de sitio)	Planeada	372,994	37,091
	Actual	370,955	6,655
Sistema In-situ	Planeada	-	1,767(año2002)
	Actual	-	0
Sistema de letrina	Planeada	0	0
	Actual	No disponible	No disponible
Sin sistema	Planeada		5,006
	Actual	800,861	35,442
3. Sistema de alcantarillado y saneamiento centralizado (fuera de sitio)			
Autoridad responsable		C.A.P.A.	
Construcción		C.A.P.A.	
O y M		ORG. OPER.	
Área de servicio (km ²)		62.38	8.23
Población con servicio		370,955	6,655
Numero de conexiones		90,698	1,770
Tasa de cobertura del servicio (población)		30.07	25.59
Longitud de de la tubería		1,088,376	79,860
Numero de estaciones de bombeo		-	3
Flujo de entrada en la PTAN (litro/seg.)		1,251.83	64.21
Cantidad entrante anual promedio (m ³ /año)		39,477,711	2,024,927
Numero de plantas de tratamiento		16	3
Método de tratamiento		Lodos activados	Lodos activados
Capacidad de tratamiento (litro/seg.)		1,432	65

Aspectos	Estado de Quintana Roo	Solidaridad
Promedio anual del flujo de entrada		
Calidad de las aguas residuales entrantes (Enero a Junio/2003)	DBO: DQO: S S:	322.89 507.27 455.00
Calidad de las aguas residuales tratadas (Ene. a Jun/2003)	DBO: DQO: S S:	11.18 55.19 19.00

Fuente: CAPA Julio 2003

Cuadro C-37: Cobertura del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento en el 2000

		Población	Cobertura del servicio		
			Suministro de agua	Alcantarillado	Capacidad de tratamiento
SOLIDARIDAD	PLAYA DEL CARMEN	39,005	50%	30%	15%(21.9%*)
	TULUM	7,975	79%	0%	0%
	Total	46,980	55%	25%	13%
TOTAL ESTATAL		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

El municipio de Benito Juárez cuenta con un polo turístico a gran escala que es la ciudad de Cancún. La ciudad de Playa del Carmen, cercana al municipio de Benito Juárez, bajo la influencia de Cancún, ha atraído un gran número de turistas, propiciando con ello, un rápido crecimiento de la población. La tasa de crecimiento poblacional muestra un índice del 12 %

De acuerdo al Plan Estratégico APAS 2001-2025 de C.A.P.A, el servicio de alcantarillado en Playa del Carmen tendría una capacidad del 15 % en el 2000 en lo que a tratamiento de aguas residuales se refiere. En tanto que, investigaciones de la CNA en el 2002 muestran que 8,569 habitantes cuentan con el servicio, lo que equivale a una cobertura del 21.9 % de la población.

Establecimientos tales como comercios, industrias y hoteles que no se encuentra conectados a la red de alcantarillado, utilizan principalmente el sistema de tratamiento de tanque séptico. El Cuadro C-38 muestra las áreas que no cuentan con servicio de alcantarillado y el Cuadro C-39 presenta la forma en que se desechan las aguas residuales en esas áreas. Como se puede apreciar en el ultimo cuadro, el método de sumidero es ampliamente utilizado y se puede considerar como una de las causas de contaminación de las aguas subterráneas.

Cuadro C-38: Áreas sin Sistema de Alcantarillado

Nombre de la colonia	Población a/	Numero de familias
Ejidal	15,220	3,805
Luis Donald Colosio	25,280	5,056
Nicte-Ha	4,330	866
Casco Antiguo	864	216
Total	45,694	9,943

FUENTE: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PLAN PARCIAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE PLAYA DEL CARMEN, CAPA SEPTENBER 2002

Cuadro C-39: Desglose de los Métodos de Disposición de la Aguas Residuales en las Áreas que no Cuentan con Servicio de Alcantarillado

Método de Disposición de Aguas Residuales	Porcentaje
Tanque séptico	24%
Sumidero	72%
Letrina	2%
Sin sistema	2%

FUENTE: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PLAN PARCIAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE PLAYA DEL CARMEN, CAPA SEPTENBER 2002

Los sistemas de tanque séptico y los de sumidero, se encontraron tanto solos como combinados. Por otra parte, durante la temporada de lluvia el flujo de entrada a la planta de tratamiento excede la capacidad de ésta, por lo que la calidad del agua de salida se ve disminuida. Con la finalidad de dar solución a este problema, C.A.P.A. aumentó su capacidad de 33 litro/seg. a 66 litro/seg.

b. Plan

CAPA elaboró un plan⁵ estratégico para el manejo de aguas residuales para todo el estado de Quintana Roo en el 2001. El Cuadro C-40 y el Cuadro C-41 muestran los planes de implementación y de inversión respectivamente para Solidaridad de acuerdo a dicho plan.

Cuadro C-40: Implementación Escalonada del Plan en el Área Urbana de Solidaridad

Aspecto	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2025	Total
Cantidad de abastecimiento de agua (litro/seg.)	707	501	1,445	2,653
Sistema de alcantarillado (has.)	1,240	837	2,396	4,473
Cantidad de tratamiento de aguas residuales (litro/seg.)	543	339	911	1,793
Cantidad Acumulada de tratamiento de aguas residuales (litro/seg.)	543	882	1,793	-

Fuente: CAPA Plan Estratégico APAS 2001-2025,

⁵ PLAN ESTRATÉGICO DE LOS SERVICIOS AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO 2001-2035, CAPA

Cuadro C-41: Plan de Inversión para el Área Urbana de Solidaridad (Millones de pesos)

Aspecto	2001 a 2005	2006 a 2010	2011 a 2025	Total
Abastecimiento de agua	280.5	180.0	516.5	977.0
Línea de alcantarillado	191.0	134.0	383.0	708.0
Tratamiento de agua residual	119.0	68.0	182.0	369.0
Adquisición de tierra	35.0	25.0	72.0	132.0
Total	625.5	407.0	1,153.5	2,186.0

Fuente: CAPA Plan Estratégico APAS 2001-2025,

C.3.3.2 Perfil del Sistema Centralizado de Alcantarillado y Saneamiento (Fuera de Sitio)

Únicamente Playa del Carmen que crece gracias al desarrollo turístico, cuenta con el sistema centralizado de alcantarillado y saneamiento en el municipio de Solidaridad. El Cuadro C-42 muestra el perfil del sistema de alcantarillado en Playa del Carmen.

Cuadro C-42: Perfil del Sistema de Alcantarillado en Playa del Carmen

Año	Población con servicio	Cantidad de abastecimiento de agua por casa (litro/seg.)	Cantidad total de abastecimiento de agua (litro/seg.)*	Cantidad de agua residual generada (litro/seg.)*	Cantidad de agua residual recolectada (litro/seg.)*
2000	8,569	88.34	204.09	56.98	46.79
2002	15,121	103.33	242.68	117.11	101.67
2005	28,264	139.77	299.80	159.89	141.49
2010	52,436	178.44	365.19	232.41	232.41
2015	67,032	204.27	414.47	292.15	292.15
2020	76,733	229.20	460.08	331.57	331.57

*: Incluye cantidad total de usuarios (casa, comercios, industrias, hoteles y servicios en general)

Fuente: EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PLAYA DEL CARMEN, SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, MAYO DE 2002/ CNA

a. Línea de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado cubre las áreas donde vive el 62 % de la población de playa del Carmen áreas tales como Playacar y Calica. En las áreas con cobertura se encontraron tanto los sistemas separados como los combinados (de recolección de aguas residuales y pluviales). El sistema combinado cubre la colonia Gonzalo Guerrero, Residencial Quintas del Carmen, Zazil-Há y algunas áreas costeras. La Figura C-33 muestra las áreas cubiertas por el sistema

Cuadro C-43: Numero de Usuarios del Sistema de Alcantarillado Combinado

Categoría de la descarga	Numero
Casa habitación	7,873
Comercio	1,671
Industria	6
Hoteles	126
Servicios en general	62

Fuente: EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PLAYA DEL CARMEN, SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, MAYO DE 2002/ CNA

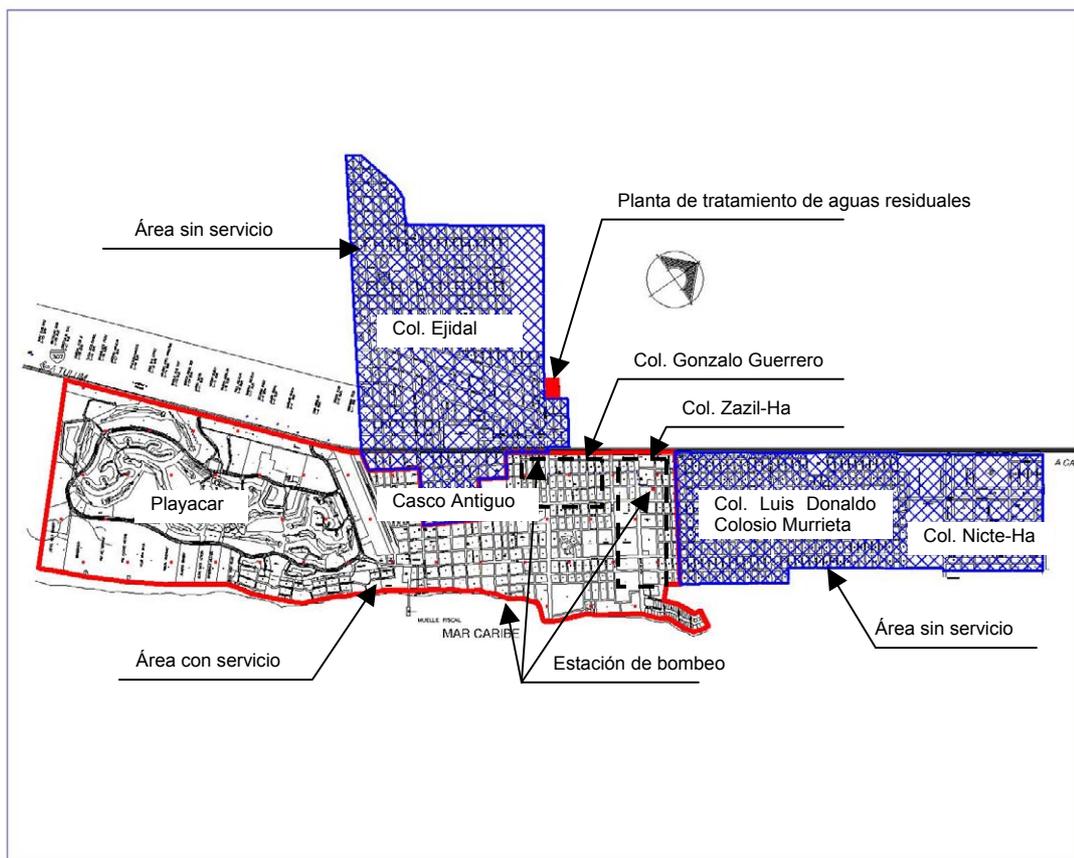


Figura C-33: Áreas con Servicio de Alcantarillado

La planta pública para el tratamiento de aguas residuales, se encuentra localizada al noroeste de la ciudad. Dentro del área urbana se encuentran distribuidas tres estaciones de re-bombeo que sirven de apoyo debido a la topografía plana del terreno. En Playacar existe una planta para al tratamiento de aguas residuales privada.

Cuadro C-44: Perfil de las Estaciones de Bombeo

nombre	Capacidad de bombeo
Playero	110 HP
Zazil-Ha	30 HP
Constituyentes	50 HP

Fuente: EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGU RESIDUALES DE PLAYA DEL CARMEN, SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, MAYO DE 2002/ CNA

b. Tratamiento de Aguas Residuales

El Cuadro C-45 muestra la calidad del fluido de entrada y del efluente de la planta de tratamiento antes de que se llevara acabo la ampliación sus instalaciones. La planta tiene una capacidad de 66 litro/seg. en la actualidad y la calidad de tratamiento ha mejorado.

Cuadro C-45: Calidad del Agua Tratada (antes de la rehabilitación)

Parámetros	Oct. 2000 (CNA)	Oct. 2001 (CAPA)	
		Flujo de entrada	Efluente
DBO (mg/litro)	115.91	171.44	38.63
DQO (mg/litro)	293.23	425.74	250.08
SS (mg/litro)	86	113.33	207.5

Fuente : EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES DE PLAYA DEL CARMEN, SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, MAYO DE 2002/ CNA

El flujo actual de entrada a la planta de tratamiento es de 64.21 litro/seg. frente una capacidad de diseño de 66 litro/seg. (5,702 m3/día). Aunque la calidad del efluente ha mejorado con la ampliación de las instalaciones, el flujo de entrada actual se acerca al los límites de su capacidad actual. Con la finalidad de seguir proporcionando este servicio de forma eficiente, CAPA planea construir una nueva planta de tratamiento la cual tendría una capacidad de aproximadamente 400 litro/seg. que tiene el propósito de hacerle frente al rápido incremento de la cantidad de aguas residuales a tratar. El efluente de la planta es descargado al subsuelo a una profundidad de 140 metros a través de un pozo de inyección. El Cuadro C-46 muestra el perfil de la planta de tratamiento de aguas residuales de Playa del Carmen

Cuadro C-46: Perfil de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Playa del Carmen

Aspectos	Parámetros
Capacidad de tratamiento	65 litro/seg. (5,616 m3/día)
Cantidad tratada actualmente	64.21 litro/seg. (5,547 m3/día)
Calidad del agua de entrada	DBO:323 mg/litro, DQO:507 mg/litro, SS:455 mg/litro
Calidad del agua tratada	DBO:11.2 mg/litro, DQO:55mg/litro, SS:19 mg/litro
Método de tratamiento	Método de lodos activados

Source: CAPA

C.3.3.3 Sistemas In-situ

En la actualidad CAPA esta construyendo en cuatro diferentes comunidades del estado, sistemas de drenaje In-situ colectivos. Estas comunidades tienen menos de 2,500 habitantes. El Cuadro C-47 presenta el perfil del sistema de alcantarillado y saneamiento in-situ colectivo.

Cuadro C-47: Perfil del Sistema In-situ Colectivo

Municipio	Ubicación	Población proyectada	Capacidad de tratamiento	Calidad del agua tratada
LAZARO CARDENAS	Holbox	1,633 (año 2022)	1.88 litro/seg. (162.4m3/día)	DBO:30 (mg/litro) SS: 30 (mg/litro)
SOLIDARIDAD	Puerto Aventuras	1,048 (año 2022)	1.20 litro/seg. (103.7 m3/día)	DBO:30 (mg/litro) SS: 30 (mg/litro)
	Akumal	2,078 (año 2022)	2.39 litro/seg. (206.5 m3/día)	DBO:30 (mg/litro) SS: 30 (mg/litro)
OTHON BLANCO P.	Subteniente López	2,320 (año 2022)	2.66 litro/seg. (229.8 m3/día)	DBO:30 (mg/litro) SS: 30 (mg/litro)

Fuente: CAPA/CONSORICO DE INGENIERIA MEXICANA, S.A. DE C.V.

Los sistemas se encuentran en construcción en las localidades de Puerto Aventuras y Akumal ubicadas en la Riviera Maya y dentro del municipio de Solidaridad el cual experimenta un rápido desarrollo turístico. Un sistema consiste de un tanque séptico + filtración que son implementados como métodos de tratamiento.

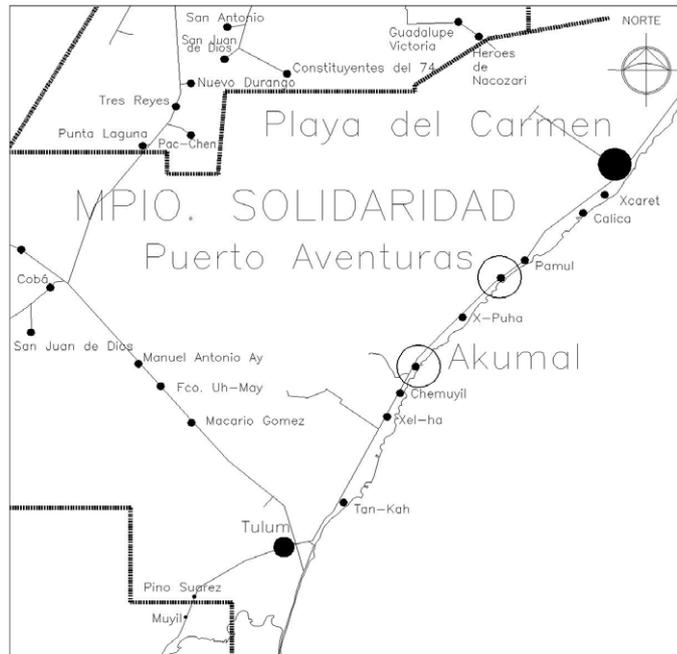


Figura C-34: Mapa de Localización de Puerto Aventuras y Akumal

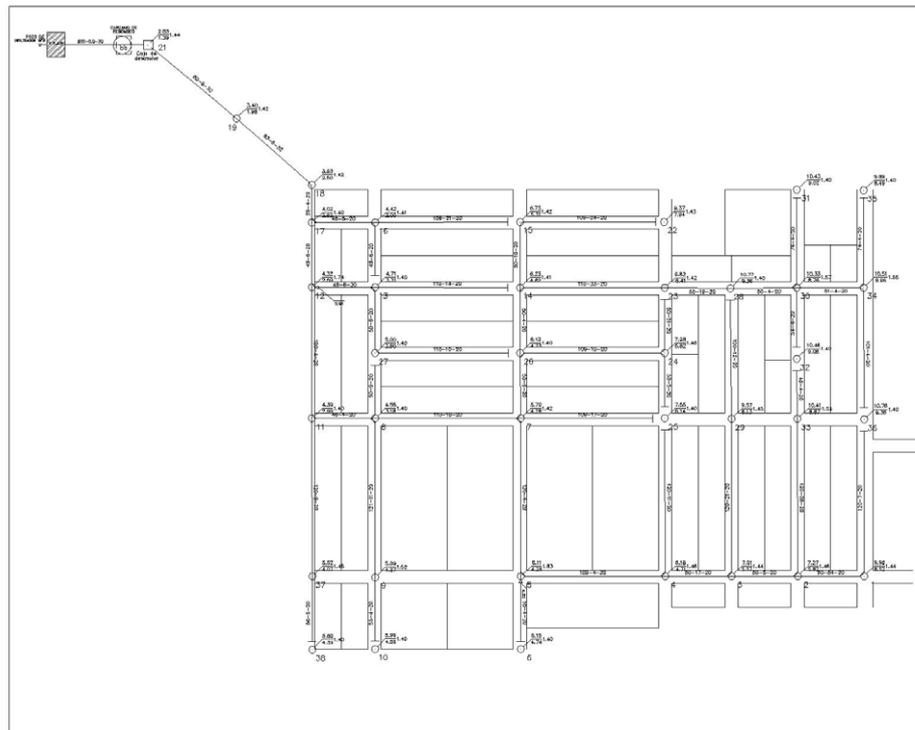


Figura C-35: Red de Alcantarillado de Puerto Aventuras

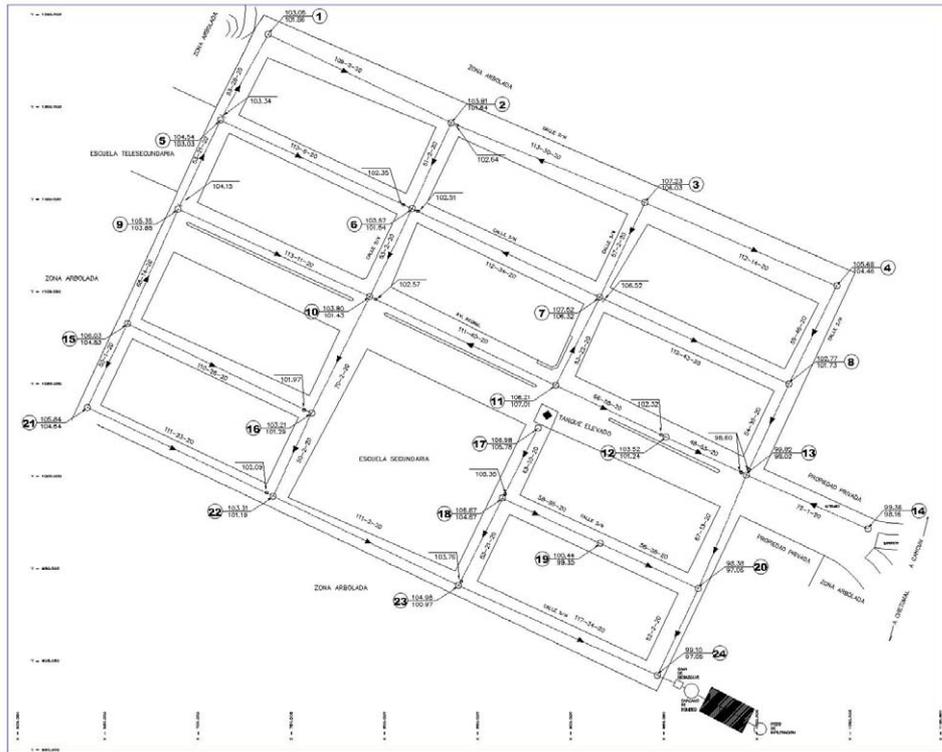


Figura C-36: Red de Alcantarillado de Akumal

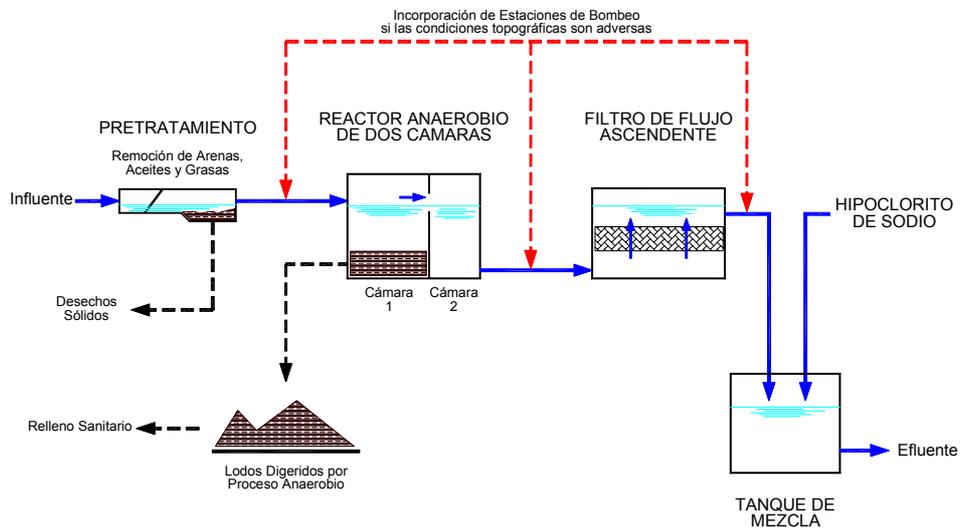


Figura C-37: Diagrama de Flujo del Sistema de Tratamiento In-situ Colectivo

C.3.3.4 Alcantarillado y Fuentes Contaminantes

El Cuadro C-48 muestra la cantidad descarga de aguas residuales por cada tipo de fuente en el 2001 en el estado de Quintana Roo. La descarga proveniente de fuentes denominadas Servicios, tales como hoteles, sobresale debido a la actividad turística, éste tipo de servicio aporta mas del 70 % de la cantidad total de la descarga, mientras que la cantidad que proviene de actividades tales como la industria manufacturera o la minería entre otras es tan pequeña que ocupa únicamente el 1.48 %.

Cuadro C-48: Cantidad de Aguas Residuales Descargadas a Cuerpos de agua Bajo Control Federal en el 2001

Fuente	Cantidad de agua residual descargada (m3/año)	Proporción
Domestica	378,100	0.44%
Industrial	1,271,600	1.48%
De Servicios	62,439,000	72.83%
Publicas Urbanas	21,536,100	25.12%
otros	106,000	0.12%
total	85,730,800	100.00%

Fuente: ANUARIO ESTADÍCO Quintana Roo edición 2002/INEGI

No se dispone de datos específicos de la cantidad descargada por cada municipio. Sin embargo, con los datos de la población laboralmente activa de cada municipio es posible obtenerlos indirectamente como se muestra en el Cuadro C-49. Revisando las cifras para Solidaridad, tenemos que la población que labora en la industria manufacturera es pequeña al igual que en otros municipios, en consecuencia se considera que la principal fuente de contaminación proviene de la población en general y del turismo.

Cuadro C-49: Distribución de la población laboralmente active

Código	Categoría	Quintana Roo	BENITO JUÁREZ	COZUMEL	FELIPE CARRILLO PUERTO	ISLA MUJERES	JOSÉ MARÍA MORELOS	LÁZARO CÁRDENAS	OTHÓN P. BLANCO	SOLIDARIDA
11	Agricultura, ganadería, forestal, pesca y caza	10.5%	1.0%	2.0%	49.8%	12.0%	57.2%	49.5%	19.7%	5.5%
21	Minería	0.2%	0.1%	0.1%	0.3%	0.2%	0.1%	0.5%	0.3%	0.4%
22	Electricidad y Agua	0.5%	0.4%	0.6%	0.3%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%
23	Construcción	8.4%	8.6%	9.7%	6.3%	4.6%	6.0%	6.3%	7.1%	12.4%
31	Industria/Manufacturera	7.1%	7.2%	6.1%	5.3%	4.3%	4.8%	7.1%	8.6%	6.0%
43	Comercial	16.8%	19.4%	21.3%	8.8%	18.5%	6.6%	8.7%	13.9%	14.0%
48	Transporte, postal y almacenamiento	5.8%	7.3%	6.5%	2.0%	8.0%	2.7%	3.7%	3.7%	4.2%
51	Medios masivos de comunicación	0.9%	1.0%	0.8%	0.5%	0.5%	0.2%	0.4%	0.9%	0.5%
52	Servicios financieros y de seguros	0.7%	0.9%	0.5%	0.1%	0.3%	0.0%	0.2%	0.6%	0.4%

Código	Categoría	Quintana Roo	BENITO JUÁREZ	COZUMEL	FELIPE CARRILLO PUERTO	ISLA MUJERES	JOSÉ MARÍA MORELOS	LÁZARO CÁRDENAS	OTHÓN P. BLANCO	SOLIDARIDA
53	Bienes raíces	0.9%	1.2%	1.6%	0.0%	1.5%	0.0%	0.1%	0.3%	1.2%
54	Servicios académicos	1.9%	2.4%	2.0%	0.6%	1.2%	0.4%	0.4%	1.6%	1.1%
55	Servicios comerciales	3.0%	4.3%	2.6%	0.5%	1.9%	0.3%	0.6%	1.4%	2.1%
61	Servicios educativos	4.6%	3.5%	3.5%	8.2%	3.4%	6.1%	4.9%	7.5%	1.8%
62	Bienestar social y salud	2.4%	2.2%	2.4%	1.6%	2.0%	1.2%	1.2%	3.9%	1.0%
71	Servicios recreativos	1.7%	1.7%	3.6%	0.6%	3.1%	0.2%	0.3%	0.7%	3.8%
72	Hoteles y restaurantes	18.3%	23.4%	21.3%	4.4%	21.3%	3.0%	4.1%	5.5%	33.5%
81	Otros servicios exc. los de gobierno	8.7%	9.5%	8.8%	5.0%	5.9%	5.9%	4.3%	9.4%	6.9%
93	Actividades gubernamentales	5.3%	3.4%	4.6%	3.9%	8.9%	3.5%	5.5%	11.7%	2.7%
	No específicas	2.2%	2.3%	2.0%	1.6%	1.7%	1.6%	1.9%	2.3%	2.3%
	Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: basado en Tabulados Básicos QUINTANA ROO XII Censo General de Población y Vivienda 2000 / INEGI

El Cuadro C-50 muestra la cantidad generada de DBO considerando a la población y al turismo como las principales fuentes de contaminantes y, suponiendo que la unidad de carga contaminante de la DBO es de 54 g/persona/día⁶.

Cuadro C-50: Estimación de las Cantidad Generada de DBO

Municipio	Población		Cantidad Generada de DBO (ton/año)		
	Residente	Turistas(Persona/año)	Residente	Turistas	Total
Cozumel	62,078	455,621	1,223.565	24.604	1,248.169
Felipe Carrillo Puerto	61,703		1,216.158		1,216.158
Isla Mujeres	14,911	141,785	293.896	7.656	301.552
Othón P. Blanco	230,718	205,216	4,547.448	11.082	4,558.530
Benito Juárez	438,872	2,987,841	8,650.163	161.343	8,811.506
José María Morelos	31,668		624.176		624.176
Lázaro Cárdenas	20,891		411.758		411.758
Solidaridad	86,863	1,504,052	1,712.078	81.219	1,793.297
Estado de Quintana Roo	947,704	5,294,515	18,679.242	285.904	18,965.146

La cantidad de aguas residuales tratadas en el 2002 fue de 12,025,128m³/año⁷. Suponiendo que la concentración de DBO en el fluido de entrada fuera de 323 mg/litro y que la de salida fuera 11.2 mg/litro, tendríamos que la cantidad eliminada de DBO seria de 631.43 ton/año

⁶

PROYECTO EJECUTIVO PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS LOCALIDADES DE XCALAK, HUAY-PIX, XUL-HÁ Y SUBTENIENTE LÓPEZ EN EL MUNICIPIO DE OTHÓN P. BLANCO, QUINTANA ROO / CAPA

⁷ CAPA

debido sólo al tratamiento de aguas residuales, esta cantidad eliminada de DBO es únicamente el 35 % del total que se genera, los otros 65 % se descargan al ambiente sin tratamiento alguno.

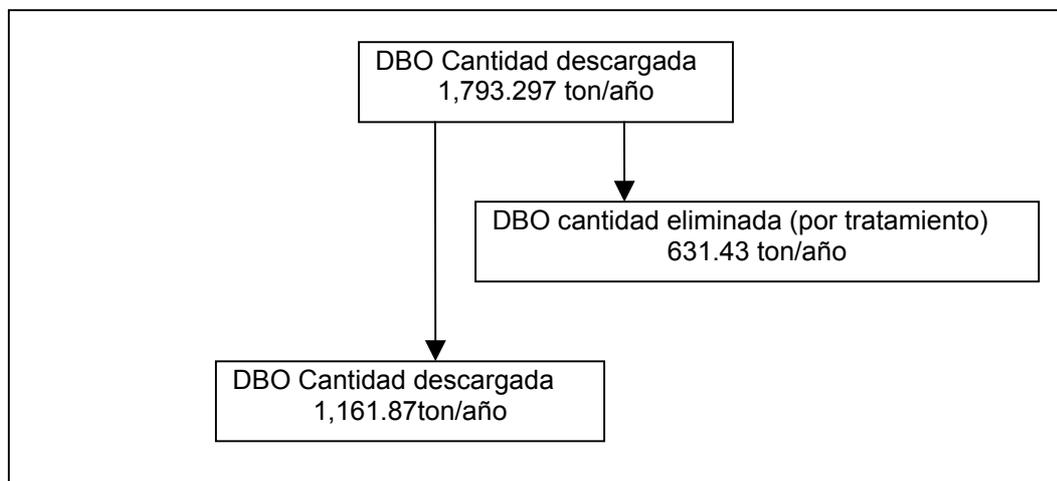


Figura C-38: Balance de DBO en el Municipio de Solidaridad

C.3.3.5 Organización

El Sistema Operador de Solidaridad maneja los subsistemas de Playa del Carmen, Tulum y de la Riviera Maya.

La estructura de la organización es igual a la del Sistema Operador de Othon P. Blanco.

C.3.3.6 Sistema Financiero

CAPA provee los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio de Solidaridad, en donde el número de tomas en el 2001 fue de 6,491 o el 7.4% del total estatal. Las tomas domésticas constituyeron la mayoría con 4,864 tomas o el 75%, seguida por el 21 % de firmas comerciales, el 2% de servicios generales, el 2% de hoteles y el 0.1 % de firmas industriales. La cobertura de los servicios fue estimada en 43% de agua potable y 15% de alcantarillado.

Como ya se ha descrito en la Sección 4.1.3.7, las tarifas de agua de CAPA se encuentran establecidas por categoría de clientes, y consisten de una cuota base mensual fija que depende del volumen contratado (metro cúbico por mes), y otra cuota adicional expresada en Pesos por metro cúbico correspondiente al consumo que exceda el volumen contratado. La cuota adicional aumenta con el volumen consumido, como corresponde a una tarifa progresiva.

En el Municipio de Solidaridad, los ingresos de agua potable entre el 2000 y el 2002 constituyeron el 60% o más de los ingresos totales, mientras que los ingresos por

alcantarillado constituyeron el 2-4% de los ingresos totales. Las multas pueden ser aplicadas cuando el cliente deja de pagar por dos meses o más, y el abastecimiento de agua puede ser suspendido en caso de que el cliente deje de pagar. Por consiguiente, se prevén cargos por reconexión como fuente de ingreso en los casos en que se regularice el abastecimiento de agua potable.

El volumen de producción de agua en el 2001 fue de 9.956 Millones de metros cúbicos, y los gastos presupuestados fueron de 31.19 Millones de Pesos, resultando en un costo promedio de 3.13 Pesos por metro cúbico de agua producida en el Municipio de Solidaridad.

C.3.3.7 Sistema Contable

CAPA es un organismo público descentralizado de naturaleza mixta estatal y municipal, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Como un organismo público, los registros contables son necesarios para la administración y control presupuestarios, pero CAPA genera los estados financieros en forma de Balance General y los Estados de Resultados de la institución.

Sin embargo, son más difíciles de obtener los estados financieros por organismo operador de los diversos sistemas. Aun así se pueden comparar los ingresos y los egresos de cada sistema. Los ingresos estaban especificados como los ingresos presupuestados y los ingresos realizados, mientras que los egresos estaban especificados como egresos presupuestados, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro C-51: Ingresos y Egresos de CAPA Solidaridad (Millones de Pesos)

INGRESOS Y EGRESOS	Año	2000	Año	2001	Año	2002
	Presup.	Real	Presup.	Real	Presup.	Real
INGRESOS						
Agua potable	47.80	44.26	51.23	48.88	83.91	51.60
A tiempo	38.09	34.07	37.77	36.32	62.34	40.02
Rezagado	9.71	10.19	13.46	12.56	21.57	11.58
Alcantarillado	1.46	1.24	1.18	2.76	2.28	2.02
A tiempo	1.25	0.90	0.97	2.52	1.87	1.37
Rezagado	0.21	0.34	0.21	0.24	0.41	0.65
Derechos de conexión	1.08	2.04	0.55	0.38	2.87	4.55
Derechos de reconexión	0.25	0.31	0.00	0.69	0.72	0.38
LPS (litros por segundo)	7.37	2.88	11.28	8.17	3.09	14.87
Actualizaciones	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recargos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Multas	0.00	0.66	0.00	0.01	0.00	0.00
Gastos de Ejecución	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros ingresos	1.46	3.05	5.48	3.01	5.33	2.62
IVA	0.00	5.02	0.00	6.10	0.00	6.64
Total Ingresos	59.42	59.46	69.72	70.00	98.20	82.68
EGRESOS						
Personal	4.51		9.96		10.64	
Materiales y suministros	3.24		3.37		2.88	
Servicios generales	3.60		8.75		8.14	
Ayudas, subsid., transf.	0.00		0.00		0.00	
Bienes muebles e inm.	0.48		1.83		0.15	
Obra pública	5.33		7.10		1.20	
Erogaciones contingent.	0.00		0.00		0.63	
Deuda pública	0.00		0.18		0.00	
Total Egresos	17.16		31.19		23.64	
BALANCE	42.26		38.53		74.56	

Fuente: CAPA

El cuadro precedente indica que el balance de ingresos y egresos de CAPA en el Municipio de Solidaridad fue positivo entre los años 2000 y 2002. Los ingresos reales cubrieron el 140% de los gastos presupuestados en el 2000, el 182% en el 2001 y 111% en el 2002.

C.3.3.8 Aspecto Social

Se muestran aspecto social y consideración como siguiente.

Aspecto Social	Consideración
Cobertura del servicio de alcantarillado	Al nivel del municipio es del 15%
% de viviendas con fosas sépticas	Al nivel del municipio es del 63% de las viviendas censadas.
Conservación de la salud	La incidencia de infecciones intestinales en el Estado tiene una tasa de 6178.9 por 100,000 habitantes (1224 casos sobre el promedio nacional)
Calidad del agua para bebida	Existe un cierto nivel de sabor salobre. La población hace uso del agua embotellada.
Areas acuáticas de esparcimiento	El acuífero que aflora en la zona costera recibe importantes descargas de aguas provenientes de las fosas sépticas y de los pozos de inyección del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (Playa del Carmen).
Ingresos y egresos familiares	El manejo inadecuado de las aguas residuales puede conducir a una degradación ambiental (acuífero y aguas costeras) y los ingresos familiares podrían verse gravemente afectados por una disminución en el turismo. Aumentan los gastos por atención médica y el uso de agua embotellada.

C.3.3.9 Educación Ambiental

La Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) implementó un programa “Escuela Amiga – Vivienda Verde” con el objetivo de mejorar y elevar la calidad de vida de las familias más necesitadas a través de tecnologías sencillas y apropiadas a la region, a través de pláticas escolares, pláticas con padres de familia, pláticas de saneamiento y reforestación, mantenimiento de las condiciones físicas y sanitarias de fuentes de abastecimiento y control de la calidad de agua, entre otros. Asimismo la CAPA a través del Programa “Agua Limpia”, realiza dentro de la comunidades visitadas (Hondzonot, Yaxche, Chanchen Palmar, San Silverio, Yalchen, comunidades ubicadas en sector oeste del municipio), acciones orientadas al control de la calidad del agua para reducir los riesgos de transmisión de enfermedades gastrointestinales

Con la finalidad de reforzar la iniciativa institucional en el proceso de ejecución del programa de trabajo se contó con el apoyo de la Comisión Nacional de Agua (CNA), de las Promotoras de la red Móvil del DIF Estatal y líderes de la comunidad. Las pláticas comunitarias fueron orientadas a la promoción de la importancia, cuidado y uso del agua como aspectos relacionados a la salud.

C.3.4 Manejo de Residos Sólidos

C.3.4.1 Generalidades sobre el Manejo de los Residuos Sólidos.

El Municipio de Solidaridad, cuya cabecera es la localidad de Playa del Carmen, presenta la mayor tasa de crecimiento poblacional del país debido al fuerte desarrollo turístico que experimenta, esta situación repercute considerablemente en la generación de residuos sólidos domiciliarios, en especial en Playa del Carmen, Tulum y las demás localidades turísticas ubicadas en la Riviera Maya.

Para organizar y desarrollar el manejo de los residuos sólidos municipales, el ayuntamiento cuenta con dos instrumentos jurídicos, uno de ellos es el "*Reglamento de la Administración Pública Municipal de Solidaridad*", publicada el 15 de Marzo del 2001, el cual tiene por objeto regular la estructura y funcionamiento de la Administración Pública del Municipio, así como establecer las facultades y obligaciones de las dependencias y unidades que la conforman. En este reglamento se establece que, corresponde a la Dirección de Servicios Públicos Municipales, administrar, operar y supervisar la prestación de los servicios públicos que preste el municipio, los que se pueden realizar en forma directa o a través de un concesionario. En el caso que el servicio sea concesionado, verificar y supervisar el cumplimiento por parte del concesionario, a fin de que se lleven a cabo con calidad, eficiencia, tiempo y forma las obligaciones contraídas. Además del servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos, forman parte de las responsabilidades de la Dirección de Servicios Públicos Municipales entre otras, la mantención de, alumbrado público, vialidades públicas, aseo público y áreas verdes. También está dentro de sus facultades la elaboración de la programación y presupuesto de los recursos, obras y bienes necesarios, para el eficiente funcionamiento de las obras y servicios públicos municipales.

El otro instrumento corresponde al "*Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Recolección, Transporte, Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos en el Municipio de Solidaridad*", publicado el 30 de Junio de 1999, en el que se establecen las normas básicas para la prestación del servicio de disposición, recolección y tratamiento de la basura o residuos sólidos que se generan en los centros de población del Municipio. En este reglamento, se indican entre otras las competencias, autoridades normativas y operativas, obligaciones de los ciudadanos, prohibiciones y restricciones, estructura y operación del servicio, pago de los derechos, sanciones, etc. Las autoridades operativas vinculadas con la operación del servicio de limpieza y recolección de basura se establecen en la Dirección de Servicios Públicos Municipales, la Subdirección de Saneamiento Ambiental y la Dirección de Ecología Municipal.

Actualmente el servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos es realizado por una empresa privada (Servicios Ambientales Urbanos S.A. de C.V.), quien inició sus operaciones en Junio del 2002, atendiendo a Playa del Carmen. A partir de Enero del 2003, se incorpora al servicio las localidades de Chemuyil, Puerto Aventuras, Akumal y Tulum, y en calidad de servicio especial (atención una vez a la semana) las localidades de Coba, Manuel Antonio Hay, Francisco Uh May y Macario Gómez. Los residuos recolectados son dispuesto en el sitio de disposición final ubicado aproximadamente a 13 Km. de la ciudad de Playa del Carmen.

El contrato de servicio entre el H. Ayuntamiento y la empresa Servicios Ambientales Urbanos S.A. de C.V., tiene vigencia hasta abril del 2004 e incluye los servicios de recolección, transporte, disposición final, barrido y saneamiento el tiradero, considera un total de 3.000 toneladas mes con un costo de \$ 1.472.900 más IVA, sin embargo, actualmente el servicio recolecta y dispone cerca de 4.000 toneladas mes.

El servicio de recolección se brinda de lunes a domingo, cubriendo horarios diurnos y nocturnos y con distintas frecuencias de recolección dependiendo del sector y que van desde una vez a la semana a diaria. El método de recolección principalmente utilizado es de puerta a puerta, existiendo en algunos casos puntos de acopio.

En general las localidades atendidas, presentan un aspecto limpio, tanto frente a las viviendas como en calles o avenidas y sitios públicos, sin embargo, se observan algunos terrenos desocupados aledaños a las viviendas, donde existen pequeños depósitos de basura antigua.

El servicio de barrido es nocturno y se da exclusivamente en la zona urbana de Playa del Carmen, contando para ello con una barredora mecánica que mantiene las avenidas y calles permanentemente limpias. Por otra parte, en el sector céntrico de Playa del Carmen, se han instalado 30 contenedores de acero inoxidable que cuentan con tres compartimentos para la separación de la basura.

En los hoteles y centros turísticos el manejo de los residuos es realizado por la Dirección de Servicios Municipales a través de la empresa concesionaria, cubriendo un 50% aproximadamente del área, el resto es realizado directamente por los generadores, los que mantienen contrato con pequeñas empresas privadas.

En las localidades alejadas no existe servicio de recolección y transporte de residuos por lo que la comunidad principalmente quema los desechos en los patios de sus casas, estas localidades tienen una población menor a los 500 habitantes.

El total de habitantes atendidos es de aproximadamente 113,156 de un total de 133,634, lográndose una cobertura del servicio de aproximadamente el 85%.

En el área atendida por la Dirección de Servicios Municipales, existen tres tiraderos a cielo abierto, uno ubicado a 8 Km. aproximadamente de Tulum, a un costado de la carretera federal Tulum-Coba, otro emplazado en la localidad de Akumal y un último ubicado a 13 Km. al norte de Playa del Carmen. De estos tres tiraderos sólo se encuentra en operación el de Playa del Carmen, el que está a cargo de la empresa concesionaria, quien a parte de ejecutar las labores de disposición final de los residuos recolectados, está ejecutando un programa de saneamiento del lugar. Este tiradero antes de iniciarse el programa de saneamiento presentaba serios problemas ambientales, la falta de cobertura generaba un ambiente propicio para la proliferación de moscas, mosquitos, roedores y aves, y facilitaba la quema de los residuos provocada por pepenadores, para facilitar la extracción de elementos recuperables. La constante combustión de los desechos generaba una gran humareda que cubría la carretera e incluso a la ciudad de Playa del Carmen si existían las condiciones adecuadas de viento. Actualmente el tiradero está operando en forma controlada, acomodando y compactando los residuos, ejecutando la cobertura diaria, existiendo un único frente de trabajo e instalando un sistema de venteo para gases.

El total de residuos dispuestos entre Junio del 2002 y Mayo del 2003 es de 77.708 toneladas, de las cuales el 70% corresponde a residuos recolectados por la empresa y el 30% restante a desechos recolectados por particulares.

Los otros dos tiraderos no cuentan con un programa de saneamiento, en el caso del tiradero de Tulum, éste se utiliza en situaciones de emergencia, y no existe cierre del lugar que impida la descarga de residuos. El tiradero de Akumal cuenta con una barrera a la entrada que impide el acceso, sin embargo, se observa en su perímetro y frente a la carretera gran acumulación de desechos principalmente residuos voluminosos. En ambos tiraderos la basura está dispersa en gran parte de la extensión del terreno, no se observan depósitos de basura con gran espesor ni grandes acumulaciones de líquido percolado, lo que hace suponer que éste se ha infiltrado. A la fecha no existen estudios o monitoreos que evidencien la contaminación del acuífero por los líquidos percolados, no obstante, en Julio del presente año se iniciará un sistema de información georeferenciada urbano ambiental que contemplará entre otras variables, estudios de calidad de agua en los cuerpos de agua terrestre. Con relación a la generación de gases, tampoco existen antecedentes que permitan concluir la presencia de ellos, sin embargo, como parte de los residuos han sido quemados y la combustión se mantiene por periodos largos a pesar de la humedad de la basura, es de suponer que ello se deba a la generación de biogás.

Con la finalidad de fortalecer el área de manejo de residuos sólidos la Dirección de Servicios Públicos Municipales y la Dirección del Medio Ambiente en conjunto con otras entidades

como ser ONG, sector privado, están desarrollando el Programa del Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales, en el cual se incluye un diagnóstico general de la situación y proyectos pilotos, dentro de ellos el de caracterización, minimización y reciclaje de residuos. Por otra parte el Plan de Desarrollo Municipal 2002 – 2005 establece como líneas de acción dentro del área de los residuos municipales, el fomentar la cultura del reciclaje y la separación de basura.

A nivel estatal, la Secretaria de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente ha incentivado la construcción de un relleno sanitario para la localidad de Tulum, el cual se encuentra en la etapa de revisión de la Manifestación de Impacto Ambiental.

C.3.4.2 Flujo de Residuos

a. Situación Actual

Actualmente no se cuenta con antecedentes suficientes que permitan realizar un flujo de residuos, si bien se lleva un control de ingreso en el tiradero, éste solo permite conocer el número de viajes y el área de recolección de cada uno de ellos, las que están definidas como Playa del Carmen, Riviera Maya o particular.

Los viajes asignados al área Playa del Carmen comprende las rutas de recolección que cubren a la ciudad Playa del Carmen, Akumal, Chemuyil y Puerto Aventuras, estas rutas están diseñadas para realizar el levante en forma simultánea de los residuos sólidos domiciliarios, comerciales, turísticos e institucionales, además se incluyen dentro del área las rutas de atención de microtiraderos y los residuos provenientes del barrido de calles, poda y jardines. En el área Riviera Maya, se consideran los residuos recolectados en hoteles, restaurantes, centros de turismo y pequeñas colonias ubicadas dentro de dicha zona. Por último, los viajes considerados como de particulares incluyen residuos provenientes de cualquier servicio de recolección brindado por pequeñas empresas dentro del municipio, no identificándose el tipo de basura.

La clasificación anterior impide contar con información que permita conocer los volúmenes de residuos provenientes del área residencial, comercial, hotelera, restaurantes, instituciones, barrido de calles, mantenimiento área verdes, chatarra, voluminosos, etc.

A lo anterior se suma también, que si bien es cierto, se cuenta con un programa de recolección que cubre una amplia zona, en ésta se mantiene aún en gran medida la práctica de quemar los residuos en el punto de generación.

A la fecha no se han realizado estudios que permitan conocer la cantidad y composición de los desechos dentro del municipio de Solidaridad. Existen algunas investigaciones al

respecto, cuya información se incluye a continuación, pero éstas están dirigidas a localidades o generadores específicos, por lo que es necesario complementarla con estudios que cubran a todos los generadores y con validez estadística.

En relación a los estudios de composición de los residuos anteriormente mencionados, estos se han llevado a cabo específicamente en algunos hoteles y en la localidad de Tulum, los resultados obtenidos se entregan en las figuras siguientes:

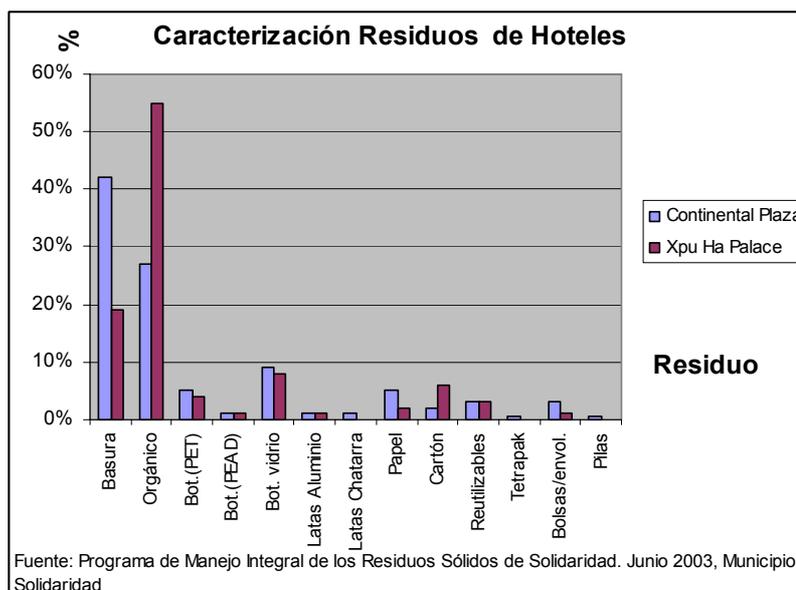


Figura C-39: Composición de Residuos Generados en Hoteles

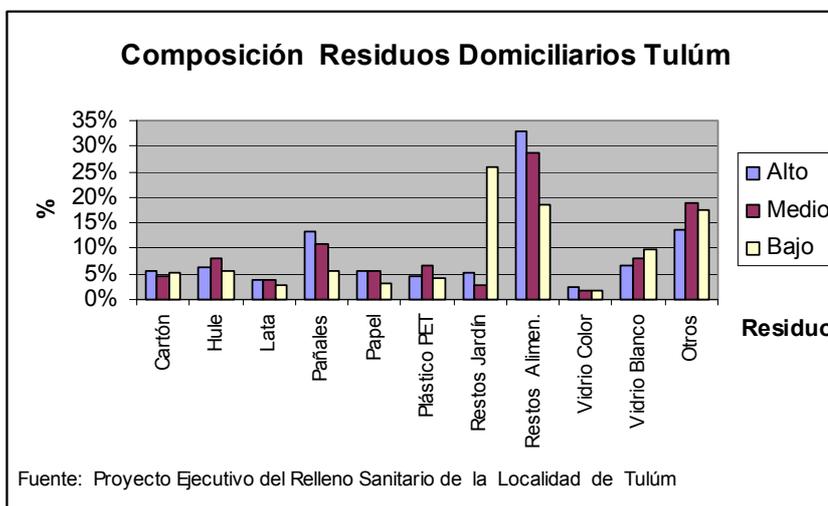


Figura C-40: Composición Residuos Domiciliarios Localidad de Tulum

En base a estos antecedentes podemos indicar que el sector domiciliario y turístico presentan componentes similares, siendo la materia orgánica (restos de alimentos y jardín) el que está presente en mayor cantidad, entre 30 y 40% en los residuos domiciliarios y entre 25 y 55% en los desechos de hoteles. El segundo componente lo representa papeles y cartones con un 11%

aproximadamente para residuos domiciliarios y un poco menor para hoteles, los otros constituyentes de importancia corresponden a plásticos y vidrios, adicionalmente para los residuos domiciliarios los pañales constituyen otro componente de importancia.

Estimación

Como ya sea explicado, la falta de datos, hace imposible el preparar un flujo de desechos que esquematice la cantidad de desechos que se generan, se recolectan, los tiraderos clandestinos, etc., en el municipio. De cualquier forma, la cantidad de desecho recolectada y la desechada pueden ser calculadas, basándonos en la información obtenida.

La información con que se cuenta, nos dice que cerca 113,000 residentes cuentan con el servicio de recolección. De acuerdo con los datos de Chetumal y de Felipe Carrillo Puerto, podemos suponer que en Solidaridad se generan 0.9 Kg./persona/día. Además, no todos los desechos son necesariamente recolectados cierta cantidad de desechos es reciclada o se dispersa, etc. Por lo tanto, se supone que se recolectan el 90 % de los desechos generados. Se puede decir que la cantidad recolectada/desechada que es generada por la población, sería de $90 \text{ ton/día} \cdot 113,000 \times 0.9 \text{ Kg./persona/día} \times 90 \%$. Mientras que, de acuerdo al contratista 4000 ton/mes son recolectadas y desechadas esto equivale a 130 ton/día de desechos. Considerando los desechos que se generan en hoteles y en otras actividades comerciales, la cifra de 130 ton/día no se encuentra lejos de la cantidad actual.

C.3.4.3 Sistema Técnico

a. Introducción

Como se mencionara previamente la Dirección de Servicios Públicos Municipales tiene a su cargo todas las actividades operacionales relacionadas con el manejo de los residuos sólidos municipales, ya sea ejecutando los servicios en forma directa o a través de terceros. También está vinculada con la operación del servicio la Dirección de Ecología Municipal, quien está preocupada del desarrollo de programas o proyectos para el manejo integral de los residuos sólidos así como de tareas de educación ambiental.

La Dirección de Servicios Públicos Municipales tiene la siguiente estructura

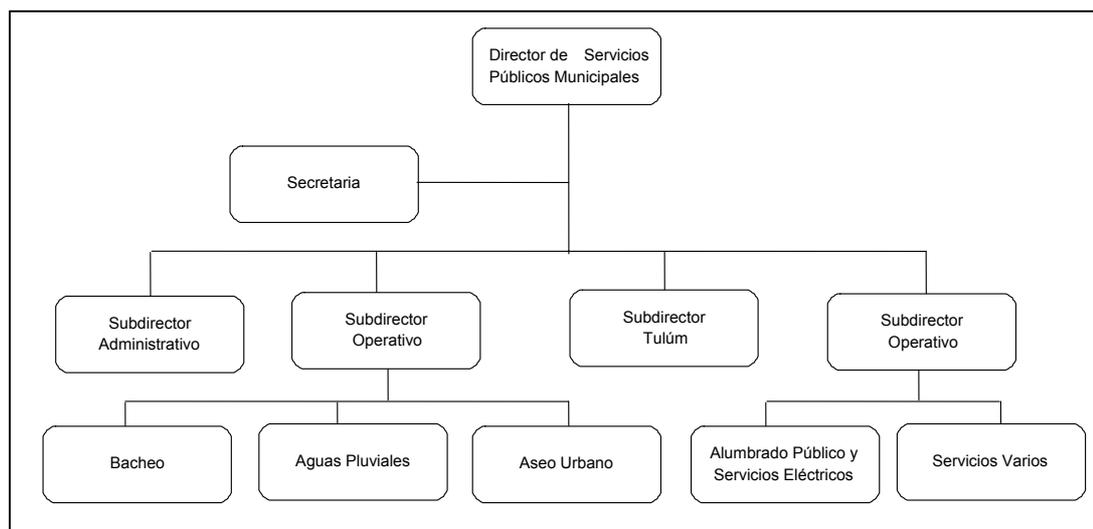


Figura C-41: Organigrama Dirección Servicios Públicos Municipales

La Dirección tiene como responsabilidad entre otras, el establecer, mejorar y administrar los servicios públicos municipales, en especial los de dotación de agua potable y drenaje, aseo público, recolección y tratamiento de basura desechos, así como el establecimiento de lugares para depositar residuos y desperdicios; conservar en buen estado las vialidades municipales; mantener, mejorar y supervisar el servicio de alumbrado público; vigilar y controlar todo lo relativo a jardinería en plazas, jardines, parques y avenidas, procurando su perfecta conservación, arreglo ornamental y mantenimiento.

A partir del 01 de Junio de 2002 los servicios de recolección, transporte, disposición final y barrido están contratados por el Municipio a la empresa Servicios Ambientales Urbanos S.A. de C.V., atendiendo ésta inicialmente a la ciudad de Playa del Carmen, posteriormente y con fecha 26 de Enero del 2003, se realiza un adendum al contrato donde el municipio da en comodato a la empresa tres unidades recolectoras para prestar el servicio a la zona hotelera de la Riviera Maya, los pueblos de Chemuyil, Puerto Aventuras, Akumal, y Tulum y un servicio especial de atención de una vez a la semana a las localidades de Coba, Manuel Antonio Hay, Francisco Uh May y Macario Gómez. El contrato tiene vigencia hasta el 9 de Abril del 2004.

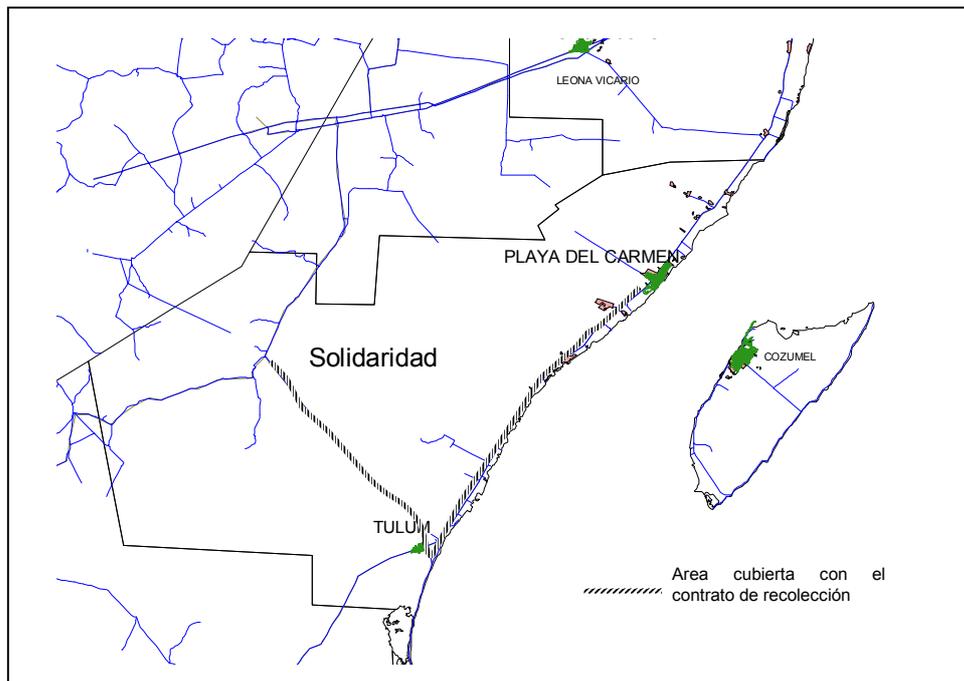


Figura C-42: Área Considerada en el Contrato

El contrato entre la empresa Servicios Ambientales Urbanos S.A. de C.V. y el H. Ayuntamiento, establece como responsabilidades del concesionario además de la recolección, transporte y disposición final de los residuos generados en las localidades arriba mencionadas, la dotación de un total de 5,600 contenedores de polietileno de capacidad 120 litros, los que son entregados directamente a los usuarios, limpieza de microtiraderos, barrido mecánico de calles, y rehabilitación y operación del tiradero municipal de Playa del Carmen.

El Municipio cancela mensualmente al concesionario por el servicio de recolección, transporte, disposición final, barrido y rehabilitación del tiradero un total de \$ 1.472.900 más Iva.

b. Sistema de Almacenamiento de los Residuos

Actualmente el acondicionamiento de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad Playa del Carmen varía de acuerdo al sector, en el caso de la colonia Ejido se realiza principalmente en bolsas plásticas provenientes de supermercados o tiendas comerciales, en menor proporción se emplean bolsas para basura, existen algunos lotes donde se entregó contenedores plásticos de 120 litros para el almacenamiento de residuos, sin embargo, no siempre son usados para tal propósito. En la colonia Colosio, los residuos son almacenados en bolsas plásticas del tipo supermercado o tiendas comerciales, es escaso el uso de bolsas para la basura, se observa el adecuado uso de contenedores en los lotes donde estos se

entregaron. El resto de la ciudad mantiene el mismo tipo de almacenamiento, observándose un correcto uso de los contenedores, y el lavado de los mismos por parte de los usuarios.

En la localidad de Chemuyil, cada vivienda cuenta con contenedores de 120 litros, donde los usuarios almacenan sus desechos, en los días punta la capacidad de estos no es suficiente por lo que se observa acumulación de basuras en las aceras al momento de la recolección, adicionalmente existen seis puntos de acopio, donde se han instalado cinco tambores metálicos de 200 litros de capacidad, los que cuentan con señalización para identificar el tipo de residuo a disponer en el (orgánico e inorgánico). Tanto los contenedores como los tambores cuentan con bolsa de basura tipo yumbo en su interior.

En la localidad de Puerto Aventura la basura se deposita en contenedores de 120 litros, existiendo estos en número y capacidad suficiente, salvo en los días peak de acumulación de basura, donde se encuentra basura en las aceras al momento del paso del camión. En este pueblo el contenedor de 120 litros es protegido con bolsas de basura tipo yumbo. En el caso de usar bolsas de supermercado o comercio para almacenar los desechos, estas son colocadas en altura de manera de evitar que los perros las rompan. Solo la escuela primaria cuenta con 3 tambores de 200 litros, donde la basura se deposita a granel.

En la localidad de Akumal, la basura se deposita en contenedores de 120 litros, presentándose problemas en los días punta ya que su capacidad es insuficiente por lo que parte de los desechos se acumulan en la acera. También existe en pequeña cantidad almacenamiento en bolsas tipo yumbo, así como bolsas de supermercado o comercio que son colocadas en altura de manera de evitar que los perros las rompan. Para el caso de las escuela primaria y secundaria, estas cuentan con un contenedor de 120 litros y un tambor de 200 litros, donde la basura se deposita a granel.

En Tulúm la basura se deposita principalmente en bolsas de basura tipo yumbo o de supermercado o comercio. Los contenedores de 120 litros, entregados por el municipio no son suficientes, sólo en la Avenida Principal existen en número suficiente, los que son complementados con tambores de 200 litros en los días punta. En las colonias, la basura se almacena de diversas formas, contenedores de 120 litros, otros contenedores plásticos de variados tamaños, bolsas yumbo y de supermercado o comercio. En el caso de la villa Tulúm, se encuentra un centro de acopio consistente en un piso que tiene cuatro paredes y una puerta, lo que permite mantener la basura protegida. La Villa Huracanes cuenta con un centro de acopio que no está cerrado en sus cuatro caras lo que hace que la basura esté expuesta y se disperse. En la zona hotelera de Tulúm, la basura se presenta principalmente en bolsas tipo yumbo. En esta zona existen centros de acopio, ubicados frente a los hoteles a orillas del

camino principal, estos centros de acopio consisten en un piso y cuatro paredes levantadas en base a piezas de madera.

En localidad de Coba la basura se presenta principalmente en bolsas yumbo y en menor cantidad en bolsas de supermercado/comercio o costales de harina. Los contenedores de 120 litros entregados por el municipio son escasos. Existen en caseta de policía, ruinas, centro de salud y escuela primaria tambores de 200 litros (dos en cada punto), donde los residuos se depositan a granel.

En las localidades de Manuel Antonio Uh May, Francisco Uh May y Macario Gómez, la basura de los locales comerciales se almacena principalmente en bolsas de basura tipo yumbo, de supermercados/comercio o costales de harina. El resto de los sitios se maneja en tambores de 200 litros y contenedores de 120 litros en menor cantidad.

En general en todas las localidades se observa un adecuado sistema de almacenamiento no existiendo acumulación de residuos en las aceras, salvo en los días punta y sólo en el área contigua al contenedor.

c. Sistema de Recolección y Transporte

El servicio de recolección y transporte atiende a las ciudades de Playa del Carmen, Tulúm y las localidades de Chemuyil, Puerto Aventuras, Akumal, Coba, Manuel Antonio Uh May, Francisco Uh May y Macario Gómez. Los residuos recolectados incluyen desechos domiciliarios, comerciales, institucionales, y de hoteles que existen en la zona.

En relación a la cantidad total de residuos recolectados, la tabla siguiente entrega los antecedentes de ingreso de desechos al lugar de disposición final, registro llevado por la empresa concesionaria.

Cuadro C-52: Cantidad de Residuos Recolectados

Unidad: ton

Año	Mes	Playa del Carmen	Riviera Maya
2002	Junio	3,949	
	Julio	3,984	
	Agosto	3,472	
	Septiembre	3,836	
	Octubre	3,966	
	Noviembre	3,677	
	Diciembre	3,837	
2003	Enero	4,000	267
	Febrero	3,540	1,736
	Marzo	4,186	1,868
	Abril	4,230	1,987
	Mayo	3,931	1,909
	Totales	46,608	7,767

El sistema de recolección empleado depende de las características de las localidades atendidas, pudiendo ser éste puerta a puerta, por puntos de acopio o por avenidas principales, a continuación se detalla el servicio de recolección por localidad.

La recolección en las colonias Ejidos y Colosio pertenecientes a Playa del Carmen, se hace solo por calles y avenidas principales, ello debido al mal estado de éstas, en el resto de las colonias y sectores de la ciudad la recolección se hace puerta a puerta.

En las localidades de Chemuyil, Puerto Aventura, Tulúm y Coba, los residuos se recolectan puerta a puerta y en los puntos de acopio existentes para el caso de Chemuyil y Tulúm.

En las localidades de Manuel Antonio Hay, Francisco Uh May y Macario Gómez los residuos se recolectan en la carretera y en la primera manzana cercana a la carretera, no atendiendo el resto de las calles por la baja densidad de viviendas, los habitantes de éstas trasladan sus desechos al lugar de recolección.

El servicio de recolección se realiza en dos turnos, uno diurno de 07:00 a 15:00 horas y otro nocturno de 19:00 a 13:00 horas. Las frecuencias de recolección dependen de la localidad y/o del área del servicio, en el cuadro siguiente se muestra la programación actual del servicio de recolección y en la figura las rutas de Ciudad del Carmen.

Cuadro C-53: Programación Servicio de Recolección.

Sector	# Ruta	Diurno 07:00-15:00 hr.							Nocturno 19:00-03:00 hr.						
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Centro 1	1	x		x		x									
Centro 2	2								x	x	x	x	x	x	x
Centro 3	3								x	x	x	x	x	x	x
Permanente	4	x	x	x	x	x	x								
Colosio 1	5	x		x		x									
Colosio 2	6	x		x		x									
Ejido 1	7		x		x		x								
Ejido 2	8		x		x		x								
Area Nueva	9		x		x		x								
Zona Turística	10								x	x	x	x	x	x	x
Hoteles	11								x	x	x	x	x	x	x
Microtiraderos	12	x	x	x	x	x	x								
Sectores Solidaridad	13		x		x		x								
Residencial Tulum	14		x		x		x								
Zona Hotelera y ruinas Tulum	15	x		x		x									
Sector Poblados	16							x							

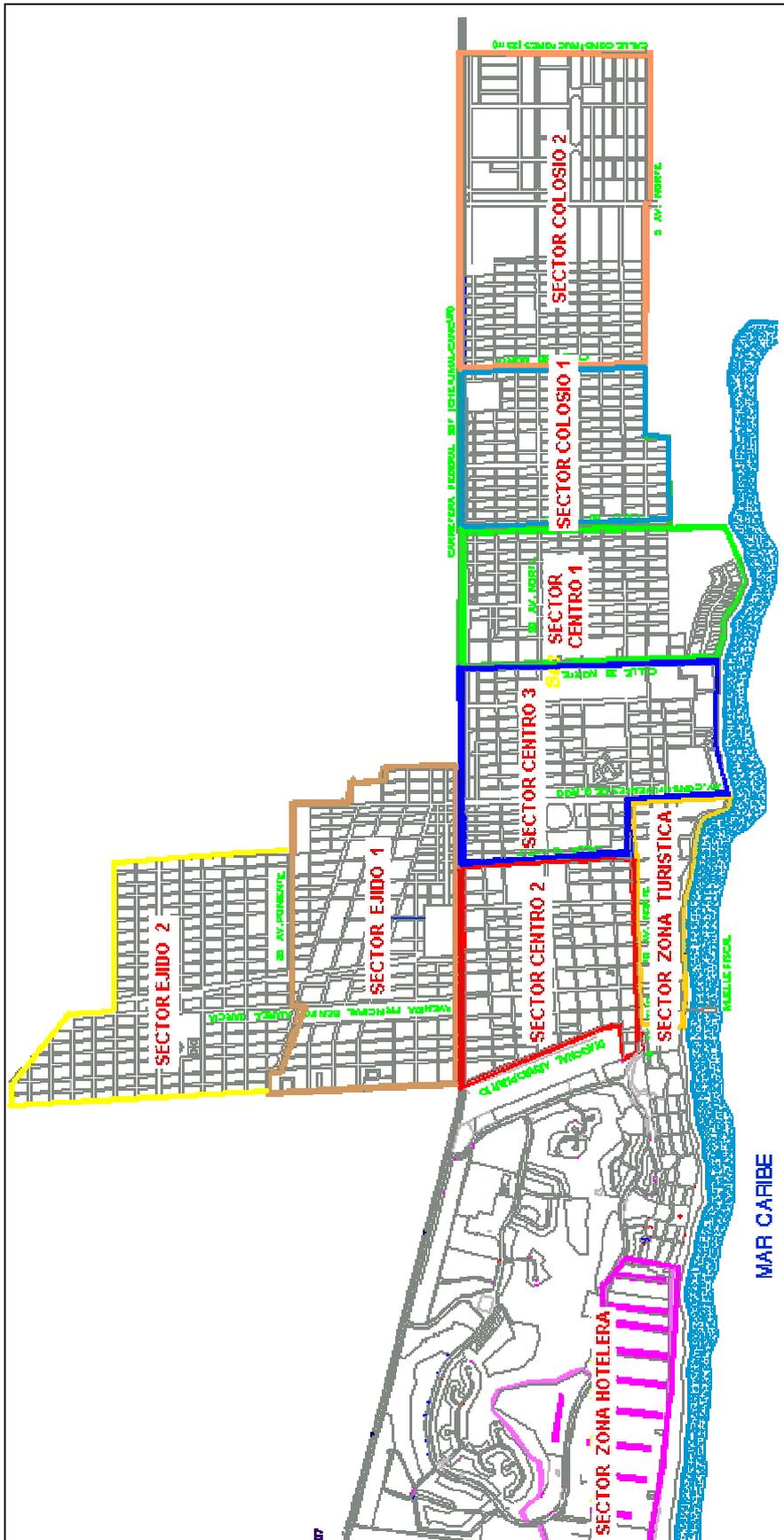


Figura C-43: Rutas de Recolección ciudad del Carmen

Existen en total 12 rutas en horario diurno y cuatro en horario nocturno, las rutas N°1 al N°9, cubren los sectores y colonias de la ciudad de Playa del Carmen, la ruta N°13 atiende localidades de Playa del Carmen y a partir de las 12:00 hr. Los pueblos de Akumal, Chemuyil y Puerto Aventuras, la ruta N°14 cubre la zona residencial de Tulum, la ruta N°16 atiende a las localidades de Antonio May, Macario Gómez, Francisco Uh May y Coba, la ruta N°12 incluye la recolección de residuos depositados en microtiraderos o pequeños basurales. . La zona hotelera y turística es cubierta con las rutas, N°10, N°11 y N°15, y comprende los siguientes lugares u hoteles.

Cuadro C-54: Hoteles y Lugares Turísticos Atendidos por el Servicio de Recolección

Lugar	Ubicación Carretera Federal 307 Km.
Zona Sur	
Spa Palace	271
Aventuras Palace	271
Xpuha Palace	265
Kantenah Paladium	261
Colonial Paladium	261
El Dorado	262
Flamenco Xcaret	281
Lápiz	269
Akumal Beach	254
Balneario del DIF	251
Bahía de Puntas Solimante Hotel	245
Zona Norte	
Restaurante Los Corales	296
Ikal del Mar	296
Restaurante Los Pinos	296
Qualton Club Riviera Maya	296
Playa Xcalacocos	296
Paradise Point Resort	296
Bahía Xcalacocos	296
Capitán Lafite	285
Cabañas de Kailum	298
Club El Mandarín	269
Tres Ríos	301
Concretos Apasco	304
Playa Paraíso (residencias)	309
Carrousel Village Hotel	309
Ibersotar Playa Paraíso	309
Mayan Palace	309

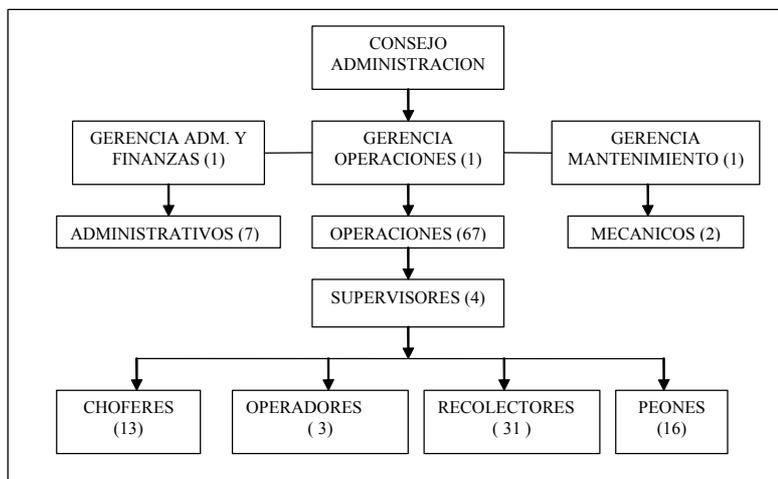
Cada camión de recolección en días normales realiza un promedio de dos viajes por ruta tanto en jornada diurna como nocturna, los días punta el número de viajes se incrementa a tres. El camión volquete efectúa un mayor número de viajes de tres a cinco para días normales y hasta seis en días punta y se emplea para la recolección de microtiraderos.

Para desarrollar las actividades de recolección y transporte la empresa concesionaria cuenta con la siguiente infraestructura.

Cuadro C-55: Lista de Vehículos Utilizados en el Servicio

Vehículos Propios:		
Cantidad	Tipo	Descripción
02	Camión Recolector	Marca internacional año 2002, modelo DT 4300, Chasis Largo 6x2 de 215 Hp, equipados con caja internacional, marca Mcneuilis, modelo Metropack de 25 Yd3
02	Camión Recolector	Marca internacional año 2002, modelo DT 4300, Chasis Corto 4x2 de 195 Hp, equipados con caja compactadotas, marca Mcneilus modelo Metropack de 20 Yd3
01	Camión Volquete	Marca Internacional año 2002, modelo DT 4300, Chasis Corto 4x2 de 195 Hp. equipado con volteo de 7 m3.
01	Camioneta	Luv 2.3 año 2002, 115 Hp. Doble cabina
01	Camioneta	Chevrolet Corsa, año 2002, 95 Hp. Cabina simple
Camiones en calidad de comodato por parte del Honorable Ayuntamiento		
Cantidad.	Tipo	Descripción
02	Camión Recolector	Marca Chevrolet, año 2002, modelo Kodiak, de 190 Hp, equipados con caja compactadoras, marca Cemnsa, modelo Pak-Mor de 20 Yd3
01	Camión Recolector	Marca International año 2002, modelo DT 4300, de 225 Hp, equipados con caja compactadotas, marca Mcneilus modelo Metropack de 20 Yd3

En cuanto al personal, la figura siguiente muestra el organigrama de la empresa concesionaria y el número de empleados asociados a cada actividad o departamento. Se incluye dentro de este organigrama el personal asociado a barrido y a disposición final.



Organigrama. Servicios Ambientales Urbanos SA de CV. Fuente Municipio Solidaridad.

Figura C-44: Organización Empresa Concesionaria

En las otras localidades no se realiza servicio de recolección y la comunidad generalmente quema los residuos.

d. Disposición final

Los residuos recolectados son dispuestos en un tiradero a cielo abierto que se encuentra a 13 Km. al norte del centro de Playa del Carmen, a un costado de la carretera que une a esta

ciudad con Cancún. El terreno tiene una superficie de 10 ha. y su operación se inicio hace unos 6 años.

Previo al inicio de las operaciones de la actual empresa concesionaria, en el lugar no existía ningún tipo de control, los residuos eran dispuestos sin compactación y no se ejecutaba ningún tipo de cobertura, lo que permitía la proliferación de vectores sanitarios, como moscas, mosquitos, roedores y aves. También existían constantes incendios los que eran provocados por los pepenadores para facilitar sus labores de recuperación, las combustiones generaban intensas humaredas que cubrían el área de la carretera inclusive llegaban a la ciudad del Playa del Carmen.

Debido a lo anterior, la empresa concesionaria debió asumir la ejecución de los trabajos conducentes a rehabilitar el sitio y crear condiciones propicias para mantener la disposición de residuos y transformarlo en un tiradero controlado.

Como primera actividad de este plan de rehabilitación, se apagó el incendio existente, posteriormente se acomodaron y compactaron los residuos diseminados por toda el área y se realizó la cobertura de la basura, también se construyeron sistemas de drenaje para evacuar el biogás. Con las medidas anteriores se ha logrado realizar la operación de manera controlada, existiendo un sólo frente de descarga y disminuyendo en gran medida los impactos al medio ambiente.

Actualmente el sitio de disposición final, opera de de lunes a domingo las 24 horas del día, sin embargo, el tractor que construye y cubre las celdas de basura opera un total de 48 horas a la semana distribuidas de lunes a sábado.

El sitio cuenta con una caseta móvil para el personal que realiza el control de ingreso de los camiones, no existen otro tipo de obras y tampoco existe cierre perimetral.

A pesar que en forma progresiva se ha ido realizando la cobertura de la basura, el material empleado es altamente permeable lo que facilita el ingreso de aguas lluvias y la formación de líquido percolado, a la fecha no se han ejecutado acciones y monitoreos que permitan determinar el movimiento de los líquidos en el subsuelo y si éste ha entrado en contacto con agua subterránea.

El personal asignado a la operación del tiradero incluye un total de 10 personas con los siguientes puestos de trabajo: un supervisor; un operador de tractor, tres acomodadores de vehículos, tres peones, un administrativo, un control ingreso de vehículos, y un turno de guardias de seguridad.

Las cantidad de vehículos y maquinaria que opera en el relleno, se limita al tractor tipo D8K, el cual es rentado se encuentra en buen estado y se desconoce su año de fabricación. Este equipo realiza las labores de construcción de celda y cobertura.

Mensualmente se disponen en el sitio aproximadamente 6.600 toneladas, de las cuales 83% corresponden a residuos domiciliarios recolectados por la empresa concesionaria y el 17% a residuos recolectados por particulares que mayoritariamente son desechos provenientes de hoteles, todos ellos generados dentro del municipio de Solidaridad. El total de residuos se determina sobre la base del número de viajes y la capacidad de la caja compactadota de los camiones ya que no hay báscula de pesaje.

La tabla siguiente muestra el detalle de ingreso de residuos al tiradero de los últimos doce meses.

Cuadro C-56: Ingreso Residuos al Relleno Sanitario

Unidad: ton

Año	Mes	Concesionario		Particulares	Total
		Playa del Carmen	Riviera Maya		
2002	Junio	3,949		2,174	6,123
	Julio	3,984		2,587	6,571
	Agosto	3,472		3,120	6,592
	Septiembre	3,836		2,701	6,537
	Octubre	3,966		2,625	6,591
	Noviembre	3,677		2,158	5,837
	Diciembre	3,837		2,210	6,047
2003	Enero	4,000	267	1,920	6,187
	Febrero	3,540	1,736	837	6,113
	Marzo	4,186	1,868	1,006	7,060
	Abril	4,230	1,987	1,020	7,237
	Mayo	3,931	1,909	975	6,815
	Totales	46,608	7,767	23,333	77,708

De acuerdo a estudios realizados por el Municipio y la empresa concesionaria, se estima que el sitio tiene una capacidad para la disposición de residuos de 823,000 toneladas, considerando la tasa de crecimiento de la población y manteniendo la misma cobertura del servicio, el sitio de disposición final tiene una vida útil entre 7 y 8 años.

e. Barrido

El servicio de barrido es ejecutado por la misma empresa concesionaria y sólo se realiza en la zona urbana de la Ciudad de Playa del Carmen.

El barrido se realiza exclusivamente en horario nocturno seis días a la semana de acuerdo al siguiente detalle:

Cuadro C-57: Rutas de Barrido

Calle o Avenida	Desde	Hasta	Frecuencia
Av. Juárez	Carretera Federal	Av. 10 Norte	Diaria
Av. 1 Sur	Carretera Federal	Av. 10 Norte	Lunes, miércoles y viernes
Av. 10 Norte	Av. Juárez	Av. 36 Norte	Diario
Av. 15 Norte	Av. Juárez	Constituyentes	Martes, jueves y sábado
Av. 20 Norte	Av. Juárez	Constituyentes	Diario
Av. 30 Norte	Av. Juárez	Av. CTM	Diario
Av. 40 Norte	Av. Juárez	Av. CTM	Martes, jueves y sábado
Constituyentes	Carretera Federal	Playa	Lunes miércoles y viernes
Av. CTM	Carretera Federal	Quinta Avenida	Martes, jueves y sábado

El barrido es mecánico, utilizando para ello una barredora mecánica marca Elgin, modelo Pelican serie P, año 2002. El promedio diario de barrido mecánico es de 24 Km., los residuos producto del barrido son dispuestos en el tiradero.

f. Reciclaje

En la ciudad de Akumal se realizó un programa de separación de residuos por parte de la comunidad, los elementos que se separaban correspondían a cartón, vidrio y aluminio, sin embargo este programa no resulto por falta de financiamiento.

En la ciudad de Playa del Carmen, se ha iniciado un programa piloto de reciclaje, éste es llevado a cabo por una empresa privada, la que ha instalado un total de 30 contenedores metálicos que permiten la separación de la basura. Estos contenedores están ubicados en la zona turística.

Los residuos son llevados a un centro de acopio para la posterior venta de los productos. Todas las actividades son realizadas por la empresa privada, inclusive la limpieza y mantenimiento de los contenedores. Como una forma de cubrir los gastos, el municipio ha dado autorización a la empresa para instalar publicidad diversa en los contenedores.

Las fotos siguientes muestran algunos aspectos de este plan piloto.



Figura C-45: Plan Pilot de Reciclaje en Playa del Carmen

C.3.4.4 Revisión de los Planes Estatales

Dentro del Plan Básico 1999 – 2005 estructurado por el Gobierno del Estado de Quintana Roo, cuyo propósito es el de respaldar a la sociedad en sus necesidades, tomando en cuenta para ello el equilibrio ecológico y la protección del medio ambiente, ha contemplado la construcción de un relleno sanitario para la localidad de Tulum que reemplace al actual tiradero.

Siguiendo esta iniciativa y la estrategia Estatal, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio ambiente (SEDUMA), ha planificado la elaboración de estudios y proyectos ejecutivos de relleno sanitario en los municipios del estado de Quintana Roo, estando dentro de ellos el de Tulum.

A la fecha el proyecto se encuentra en la etapa de evaluación del Manifiesto de Impacto Ambiental. El Proyecto Ejecutivo y el Manifiesto de Impacto Ambiental ha sido elaborado por la empresa X2001 Grupo Empresarial S.A. de C.V.

Como se mencionara anteriormente, en Tulum existe un tiradero a cielo abierto que está en pésimas condiciones sanitarias, constituyendo un alto de riesgo de contaminación ambiental. Este tiradero se ubica a 9.2 Km al norte de Tulum y a 700 m al oeste de la carretera federal Tulum Coba.

El sitio seleccionado para el desarrollo del proyecto tiene una superficie de 13 ha. aproximadamente, se ubica aproximadamente a 10.5 Km al noroeste de Tulum, a 400 m del costado derecho de la carretera federal Tulum Coba, entre las coordenadas geográficas 20°16'

latitud norte y 87° 30' longitud oeste. El terreno seleccionado se encuentra aproximadamente a 1.3 Km al norte del tiradero.

En la zona el acuífero se ubica aproximadamente a 10 m de profundidad y los suelos son altamente permeables, por lo que se ha considerado excavaciones no mayores a los 4 m y tanto el relleno como las lagunas de almacenamiento de lixiviado contarán con impermeabilización formada por geomembranas.

El proyecto está diseñado para la disposición final de 270,886 toneladas de residuos con lo que se obtiene una vida útil de 10 años, contempla además la construcción de las siguientes obras de infraestructura: caseta de control; caseta báscula; oficina administrativa; cobertizo; cerca perimetral; red de agua potable; instalación energía eléctrica; red conducción aguas negras; caminos interiores; dren de protección; red de captación de líquidos percolados; laguna de evaporación; señalizaciones; cárcamo de bombeo; etc.

Se considera la impermeabilización del fondo del relleno con dos capas de sascab de 20 cm de espesor compactadas al 90% del proctor, dos capas de geotextil, dos capas de geomembrana de polietileno de alta densidad de 60 milésimas de espesor, capa de drenaje para extraer los lixiviados de 20 cm de espesor, grava graduada sobre el dren.

El relleno proyectado opera bajo el sistema denominado método de área, contemplando la construcción de celdas diarias de 2 m de altura. Para la cobertura de las celdas de basura se utilizará el material que resulte de las excavaciones de la preparación del terreno, como los volúmenes a extraer son menores a las necesidades se contempla la extracción de material de una zona de empréstito que se localiza a 30 Km del proyecto sobre la carretera Tulum Cancún.

Para el manejo del biogás se contempla la construcción de pozos de venteo ubicados a 50 m equidistantes unos de otros, estos pozos se utilizarán además para el monitoreo del biogás. Los líquidos percolados serán captados en el fondo del relleno a través de un sistema dren y posteriormente serán conducidos a lagunas de acumulación para su evaporación, se consideran dos lagunas de acumulación y evaporación, permitiendo manejar un volumen total de lixiviado de 11,275 m³.

Los equipos y maquinaria consideradas para la operación incluyen un tractor angledozer del tipo D-5, tractor D-5, dos camiones cisterna, bomba de gasolina autocebante, camión de volteo. El personal contemplado para la operación incluye un ingeniero civil residente, una secretaria, dos supervisores de campo, un vigilante, tres tractoristas, tres ayudantes general, un basculista, un velador, dos acomodadores.

El proyecto considera un programa de monitoreo que incluye:

- Monitoreo del biogás a través de equipos portátiles, que permitirán medir concentraciones de CH₄, CO₂, N₂, O₂, H₂S, índice de explosividad, el monitoreo considera el área del proyecto más las áreas aledañas al tiradero. La frecuencia del monitoreo se propone cada 15 días.
- Monitoreo de líquido percolado, se considera la construcción de 9 pozos los que se distribuirán aguas arriba y abajo del relleno, desde se sacarán muestras de agua y se someterán a análisis físicos, químicos y biológicos con el fin de detectar infiltraciones de líquidos percolados.
- Monitoreo de agua subterránea, se llevará un control de la calidad de las aguas subterráneas para lo cual se utilizará los pozos arriba indicados.
- Monitoreo de la calidad del aire, se propone el monitoreo de partículas suspendidas totales y partículas viables. La frecuencia de monitoreo es mensual.
- Monitoreo de ruido, el que se realizará de acuerdo a lo establecido por la normativa vigente.

Adicionalmente el proyecto considera una etapa de clausura y post clausura, indicando las acciones necesarias para mantener las condiciones sanitarias y ambientales de la obra una vez que se han dejado de depositar residuos.

Con relación a los impactos que genera el proyecto, el Manifiesto de Impacto Ambiental concluye:

- Existen dos impactos adversos significativos durante la etapa de operación, que afectan principalmente al suelo y agua por la generación de lixiviado y al aire por la generación de biogás.
- Los impactos adversos no significativos se desarrollan durante todo el proceso de construcción y operación del relleno sanitario y son provocados por la preparación y construcción de la obra, afectando a la calidad del aire, agua, suelo, vegetación fauna y paisaje, sin embargo, dichos efectos se circunscribirán solamente al sitio del proyecto.
- Los impactos benéficos significativos y no significativos se presentan principalmente durante la etapa de construcción y operación del relleno sanitario y corresponde a todas las medidas orientadas al adecuado manejo de los líquidos percolados y biogás. Como beneficio social, se menciona la generación de empleos y el control de una fuente importante de contaminación que puede afectar la salud de la comunidad.

El proyecto de relleno sanitario planificado para la localidad de Tulum representa un gran avance en el manejo de los residuos sólidos domiciliarios, pero a la vez aumentará considerablemente los costos, lo que significa un alto riesgo para la continuidad de la obra.

Esta situación siempre está presente cuando se desea construir un relleno sanitario, por lo que se sugiere que éste atienda a varias localidades de modo de aprovechar las economías de escala.

En particular para el municipio de Solidaridad, el servicio de recolección y transporte de residuos considera a todas las localidades que se ubican en la Riviera Maya, la ciudad de Playa del Carmen y otras localidades aledañas, esta estructura permite brindar el servicio a un menor costo y con el máximo aprovechamiento de los equipos. Este mismo criterio debiera

considerarse para la disposición final, de modo de contar con un único relleno sanitario que atienda a todas las localidades.

Lo anterior no representa gran problema ni aumento en los costos del servicio de recolección y transporte, pues hoy en día todos los desechos son depositados en el tiradero ubicado en Playa del Carmen, independientemente de la distancia. Si se plantea un relleno sanitario emplazado entre la localidad de Playa del Carmen y Tulum es totalmente viable su ejecución y permitirá aprovechar las economías de escala, reduciendo considerablemente los costos de inversión y operación.

Adicionalmente a lo anterior, el contar con un único relleno minimiza los riesgos de contaminación y facilita considerablemente los programas de monitoreo y fiscalización.

Por otra parte, dentro de la estrategia para mejorar la disposición final de los residuos, no se observa un proyecto destinado a la recuperación y cierre de los tiraderos de Tulum y Akumal, por lo que se mantendría dentro de la zona puntos insalubres que representan un alto riesgo de contaminación ambiental y de generación de una serie de enfermedades que podrían impactar fuertemente la actividad turística. Por ello es indispensable desarrollar en forma paralela a nuevos proyectos el cierre de estos tiraderos, asegurando la confinación de los residuos y monitoreando el área para detectar en forma oportuna cualquier contaminación y así aplicar las medidas correctivas necesarias. Lo anterior no es difícil, más aún cuando dentro del municipio ya se ha iniciado el proyecto de recuperación y cierre del tiradero de Playa del Carmen.

C.3.4.5 Organización

Dentro de la estructura organizacional del Municipio se encuentran la Dirección de Ecología Municipal, quien se tiene la función de generar las políticas municipales sobre los aspectos ambientales y su proyección comunitaria; la Dirección de Servicios Públicos Municipales es la encargada de la prestación del servicio de manejo de los residuos sólidos.

Desde junio de 2002, el Municipio contrató a la empresa Servicios Ambientales Urbanos S.A de C.V. para prestar el servicio de recolección, barrido, transporte, y disposición final en Playa del Carmen y en asocio con el Municipio, que entrega tres unidades recolectoras, la zona hotelera de la Riviera Maya, Chemuyil, Puerto Aventuras, Akumal y Tulum. Las localidades de Coba, Manuel Antonio Hay, Francisco Uh May y Macario Gómez, reciben el servicio de recolección una vez por semana.

El contrato de servicios suscrito tiene una vigencia hasta el próximo 09 de abril de 2004 y actualmente la cobertura al nivel municipal es del 85%. La poblaciones del área rural menores a los 500 habitantes queman sus residuos.

C.3.4.6 Sistema Financiero

En la Sección 2.3.5.2 se presentó una descripción de los impuestos y derechos municipales. Los derechos por prestación de servicios son cargos cobrados por las oficinas del gobierno municipal por diversos servicios, incluyendo el servicio de residuos sólidos. En el caso del Municipio de Solidaridad, las nuevas tarifas por derechos del servicio de residuos sólidos fueron establecidas en Enero del 2003 como sigue.

Cuadro C-58: Tarifa de Residuos Sólidos en Solidaridad en 2003

Clase de Usuarios	Sub-clase de Usuarios	Pesos/Mes	Pesos/Año
Hoteles: habitación	5 estrellas	34.76	417.12
	4 estrellas	25.74	308.88
	Pequeños hoteles	17.16	205.92
Restaurantes	Con venta de bebida alcohólic.	397.50	4,770.00
	Sin venta de bebida alcohól.	212.00	2,544.00
Minisuper, vinaterías	Con venta de bebida alcohólic.	296.80	3,561.60
	Sin venta de bebida alcohól.	169.60	2,035.20
Comercios	General	132.50	1,590.00
	Bancos	1,431.00	17,172.00
Ambulantes	Con venta de alimentos	79.50	954.00
	Sin venta de alimentos	31.80	381.60
Renta de Departamentos		23.80	285.60
Casa-Habitación		31.80	381.60
Volumétrica	kg	0.53	

Fuente: Periódico Oficial, Chetumal, Q.Roo, 7 Enero 2003

Entre Enero y Mayo del 2003, los gastos del Ayuntamiento de Solidaridad en el servicio de residuos sólidos alcanzaron a 7.51 Millones de Pesos, mientras que los ingresos por el servicio fueron de 3.83 Millones de Pesos, equivalentes a un deficit de 3.68 Millones de Pesos en cinco meses. Los ingresos por el servicio de residuos sólidos representaron el 2.9% de los ingresos totales de 131.78 Millones de Pesos, mientras que los gastos en el servicio de residuos sólidos representaron el 9.1% de los egresos totales de 82.71 Millones de Pesos durante los primeros cinco meses del 2003.

Se estima que la concesión del servicio de residuos sólidos en el Municipio de Solidaridad dispone 4,000 toneladas por mes a un costo de 1.47 Millones de Pesos más el 10% de impuestos. Esto equivaldría a alrededor de 405 Pesos por tonelada, o alrededor de USD40 por tonelada. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente)

indicó como USD25-40 por tonelada el rango aceptable del costo de recolección de residuos sólidos en el 2001.

C.3.4.7 Sistema Contable

La Sección 2.5.5.1 Finanzas Públicas presentó los ingresos y egresos del Municipio de Solidaridad, mostrando las diferentes cuentas utilizadas para describir los conceptos contenidos en los ingresos y egresos municipales. Las cuentas son comunes a las oficinas gubernamentales. Se trata de una contabilidad gubernamental. El cuadro general de ingresos y egresos no permite identificar cada ingreso o egreso, ya que agrupan a una amplia serie de ingresos y egresos bajo un concepto amplio como Ingreso por Derechos o Gastos Personales.

Es posible, sin embargo, estimar los ingresos y egresos correspondientes al servicio de residuos sólidos, como ya fue hecho por el Ayuntamiento a pedido del equipo de estudios. Esto parece haber sido relativamente fácil en el caso del Ayuntamiento de Solidaridad, ya que los detalles de los ingresos especifican Derechos de Recolección de Residuos Sólidos en Playa del Carmen y Tulum, dentro de la amplia categoría de Derechos. Por el lado de los gastos, el pago al concesionario del servicio de residuos sólidos se maneja como Otros Servicios.

Se puede decir que la contabilidad en la actualidad se encuentra dirigida a la administración y control presupuestarios, lo cual es comprensible para una oficina gubernamental. Si el Ayuntamiento tiene una idea clara sobre los costos e ingresos de cada servicio, como parece ser el caso de Solidaridad con respecto al servicio de residuos sólidos, sería posible el cálculo de los indicadores de desempeño del servicio. Los indicadores de desempeño son esenciales para implementar un sistema de monitoreo continuo, el cual es un paso necesario para mejorar la eficiencia y la eficacia del servicio.

C.3.4.8 Aspecto Social

Se muestran aspecto social y consideración como siguiente.

Aspecto Social	Consideración
Cobertura del servicio de recolección	85% con la participación del sector privado.
Disposición de los residuos sólidos frente a la normatividad	El 100% de los residuos sólidos se disponen sin cumplir las normas oficiales mexicanas.
Conservación de la salud	Importantes niveles de incidencia de enfermedades relacionadas con un manejo inadecuado de los residuos sólidos: infecciones intestinales, dengue, fiebre tifoidea, helmintiasis.
Calidad de agua para bebida	Se ha estimado en forma preliminar que la intrusión de lixiviados en el acuífero corresponde a una carga contaminante 719.8 toneladas de DBO por año

C.3.4.9 Educación Ambiental

El H. Ayuntamiento del Municipio de Solidaridad a través de la Dirección de Medio Ambiente lleva a cabo una serie de actividades de educación ambiental, capacitación y eventos como:

a. Intervenciones radiales y televisivas

Se han realizado intervenciones radiales con mensajes de información de índole ambiental en diferentes temas (importancia de la protección y la conservación del ecosistema de manglar, importancia de mantener las playas limpias, la protección de las tortugas marinas, especies en peligro de extinción, la conservación de los arrecifes coralinos, celebración del día mundial del medio ambiente, la problemática en Solidaridad con respecto a la contaminación auditiva y por quemas urbanas, así como el proyecto para la recuperación de las playas en la ciudad de Playa del Carmen y los resultados de actividades desarrolladas en materia ambiental).

b. Colaboración a otras instituciones pertinentes

Apoyo a la Dirección de Protección Civil con un programa educativo sobre organismos marinos nocivos desarrollado por la Dirección de Medio Ambiente para el Curso de Intoxicación y Envenenamiento por animales marinos al personal del Parque Xel Ha. Colaboración en el desarrollo del programa de educación ambiental de CALICA y coordinación con SEDUMA para visitas a XCACEL-XCACELITO en la temporada de anidación de tortugas marinas, etc.

c. Programa de reciclaje

En noviembre del 2002, la Dirección de Medio Ambiente de H. Ayuntamiento de Solidaridad inició un programa de instalación de contenedores incluyendo material didáctico para el acopio y reciclaje de desechos sólidos en las escuelas de la municipalidad. Esta actividad se llevó a cabo en coordinación con la Dirección de Educación del H. Ayuntamiento, una empresa privada (Publimedia S.A. de C.V.) y una escuela primaria (Adolfo Cisneros Camara) en la colonia Ejidal. Fueron instalados 30 contenedores con la participación de escuelas de Playa que Carmen. La recolección y el mantenimiento de los contenedores se llevaron a cabo por la compañía privada, así como un programa de educación ambiental en coordinación con el supervisor de aseo de cada escuela.

d. Limpieza de playas

La Dirección de Medio Ambiente en coordinación con la Dirección de Turismo del H. Ayuntamiento de Solidaridad, realizó el 5 de octubre la limpieza de playas con motivo de

celebración mundial de “La Limpieza Internacional de Playas” con la participación de estudiantes de una escuela secundaria en playas de la ciudad de Playa del Carmen.

e. Encuentro científico infantil “Por un planeta siempre saludable

El 30 de enero del año en curso se realizó el Encuentro Científico Infantil con la participación de niños entre 8 y 15 años de edad de escuelas públicas y privadas del Municipio de Solidaridad en temas de canción, poesía, exposición oral, poster, dibujo y cuento, con la colaboración de diferentes direcciones del Ayuntamiento y entidades privadas patrocinadoras.

f. Capacitación profesional

Desarrollo de cursos para la superación profesional:

- Arquitectura Ecológica
- Evaluación de Impacto Ambiental
- Turismo, Sustentabilidad y Medio Ambiente
- Técnicas básicas y modernas para el tratamiento de residuales líquidos

g. Evento Internacional Riviera Maya Eco’03

En aras de la protección ambiental en Solidaridad en junio de 2003 se desarrolló un evento donde se desarrollaron conferencias magistrales, ponencias, mesas de trabajo, taller de educación ambiental (reciclaje de papel), etc.

h. Otras Actividades de Educación Ambiental en Solidaridad

Varias organizaciones no gubernamentales y parques ecoturísticos desarrollan actividades de educación ambiental: entre éstas se destacan Planeta Limpio, MOCE YAXCUXTAL A.C. y el Centro Ecológico de Akumal; Gea Urbilla en Tulum (en representación de Pronatura); Parques Xel Ha y Xcaret.

i. Plan Estatal de Educación Ambiental

La Semarnat a través del Centro de Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) está promoviendo en cada entidad federativa un Plan Estatal de Educación Ambiental. En Quintana Roo esta iniciativa se concreta por la Universidad del Caribe y la colaboración de la Universidad de Quintana Roo. Se definen directorios, talleres de planeación con los educadores del Norte y del Sur y la edición de resultados respectivos.

C.4 Otros Aspectos de Saneamiento Ambiental

C.4.1 Manejo de Residuos Industriales

C.4.1.1 Introducción

El crecimiento del sector industrial se considera crucial para el desarrollo socioeconómico de México. La generación de trabajos permanentes, el incremento en la productividad y el crecimiento del ingreso anual, dependen sobremanera de las actividades industriales. Sin embargo, la falta de sistemas que regulen al sector industrial genera impactos negativos en el medio ambiente y en la salud en general. Por ejemplo, la escasez del agua, la contaminación, la devastación de recursos naturales, los problemas energéticos, la presencia de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos, las enfermedades, etc., son algunos de los problemas comunes relacionados con la actividad industrial.

El gobierno federal, a través de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, ha clasificado los residuos en diferentes categorías de acuerdo a las características que presentan: residuos peligrosos, residuos de manejo especial y residuos sólidos urbanos. Es importante mencionar que los residuos industriales pueden ser clasificados en peligrosos y en no peligrosos. De acuerdo con el Centro de Calidad Ambiental, se consideran residuos no peligrosos a aquellos que derivan de actividades de construcción y demolición. Por otra parte, en el Artículo 3 de la Sección XXXII, Capítulo I, Título I de la LGEEPA (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental), se define como **residuo peligroso** todo aquel que tiene *características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológico-infecciosas, y que pueden causar daños al medio ambiente y al equilibrio ecológico. Asimismo, éstos residuos pueden ser identificados por su condición física y composición química, e.g. breas, solventes, lubricantes, contenedores, sedimentos, polvo, catalizadores, gas venenoso, etc.*⁸

Infraestructura apropiada para el control de residuos industriales en México es muy limitada; de hecho no fue hasta 1970 que los reglamentos ambientales empezaron a ser ejecutados. De acuerdo a información proporcionada por el INE (Instituto Nacional de Ecología), solamente un cuarto de la cantidad anual generada de residuos industriales recibe tratamiento. Esta falta de infraestructura para el control de residuos industriales peligrosos y no peligrosos, mas la ausencia de inventarios que indiquen el tipo y volumen de residuo industrial generado por año, causa gran impacto ambiental. De acuerdo con un reporte de 1999 del INE, se estimó que México genera 8 millones de toneladas de residuos industriales peligrosos por año. De

⁸ La lista completa de residuos industriales peligrosos puede encontrarse en la NOM 052-ECOL-1993.

éstos, los solventes y aceites constituyen más del 45% del total; con un 10% siguen los ácidos y las resinas; y finalmente las pinturas y barnices constituyen el 8%.

México ha sido dividido en cinco zonas a partir de la mayor concentración de industrias por región: Centro, Norte, Golfo, Sureste y Zona Fronteriza. La mayoría de los residuos industriales se genera en la Zona Central, que incluye la ciudad de México; mientras que sólo el 3% se genera en el área Sureste, de la que Quintana Roo forma parte.

C.4.1.2 Marco legal

Todos los residuos industriales, peligrosos y no peligrosos, están bajo control de las tres órdenes de gobierno. La regulación de los residuos industriales peligrosos es competencia del gobierno federal; los residuos de manejo especial y los residuos industriales no peligrosos están regulados por los gobiernos estatales y finalmente los residuos sólidos urbanos son competencia de los municipios. Algunas leyes y normas que los rigen son las siguientes:

- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA)
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)
- Ley de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental del Estado de Quintana Roo
- Ley Orgánica Municipal del Estado Libre y Soberano de Quintana Roo

a. De Competencia Federal: Residuos Industriales Peligrosos

De acuerdo con el Artículo 7, Título II, de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, es competencia del gobierno federal:

- Expedir normas oficiales mexicanas (NOMs) y demás disposiciones jurídicas para el manejo integral de residuos peligrosos.
- Expedir normas oficiales mexicanas (NOMs) y demás disposiciones jurídicas para regular el manejo integral de los residuos de la industria minero-metalúrgica.
- La regulación y control de los residuos peligrosos provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de microgeneradores.
- Regular los aspectos ambientales relativos al transporte de los residuos peligrosos.⁹

El INE y la SEMARNAT son las instituciones competentes responsables del control y regulación de este tipo de residuos. Por una parte, el INE está a cargo de la investigación, desarrollo e implementación de los Manifiestos de Impacto Ambiental. Por otra parte, el gobierno federal regula el manejo de residuos industriales peligrosos a través de la SEMARNAT. Específicamente la LGEEPA menciona todo lo referente a materiales y residuos peligrosos (incluyendo los industriales) en el Capítulo VI (de los Artículos 150-153) del Título IV de Protección Ambiental.

⁹ For a complete list of roles please consult the General Law of Waste Prevention and Integral Management.

- El Artículo 150 afirma que los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría.
- El Artículo 151 determina que la responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera.
- El Artículo 152 establece que La Secretaría promoverá programas tendientes a prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos, así como a estimular su reuso y reciclaje.
- El Artículo 153 menciona que La importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se sujetará a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Comercio Exterior.

La SEMARNAT, con respecto a los residuos peligrosos, incluyendo los industriales peligrosos, cuenta con ocho normas oficiales (NOMs).

NOM-087-ECOL-1995: Requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos biológico infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica.

NOM-052-ECOL-1993: Características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-ECOL-1993: Procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-ECOL-1993: Procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-CRP-01-93.

NOM-055-ECOL-1993: Requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento de residuos peligrosos, excepto los radiactivos.

OM-056-ECOL-1993: Requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-057-ECOL-1993: Requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-058-ECOL-1993: Requisitos para la operación de un confinamiento de residuos peligrosos.

Además, hay 3 normas adicionales en relación al manejo de residuos peligrosos¹⁰, 21 normas para su transporte¹¹ y 7 manifiestos y reportes sobre la generación y manejo proporcionado por las compañías. Sin embargo, la vigilancia del cumplimiento de la ley es responsabilidad de PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente).

Es crucial mencionar que las últimas reformas a la LGEEPA (Art. 11) permiten el establecimiento de acuerdos entre los niveles federal, estatal y municipal en cuanto al manejo de residuos industriales considerados de baja peligrosidad.

b. De competencia estatal: residuos de manejo especial

De acuerdo a modificaciones realizadas por el gobierno federal¹², es competencia actual del estado (a través de SEDUMA), la regulación de residuos de manejo especial, que pueden ser definidos como aquellos que no reúnen las características para ser considerados como

¹⁰ NOM-001-ECOL-1996, NOM-007-ECOL-1993 y NOM-008-ECOL-1993.

¹¹ NOM-002-SCT2-1993, NOM-003-SCT2-1993, de la NOM-004-SCT2-1994 a NOM-012-SCT2-1994, NOM-018-SCT2-1994, NOM-019-SCT2-1994, NOM-021-SCT2-1994, de la NOM-023-SCT2-1994 a NOM-025-SCT2-1994, NOM-027-SCT2-1994, NOM-028-SCT2-1994, NOM-043-SCT2-1995, M-EM-008-SCT2-1995, NOM-EM-020-SCT2-1995

peligrosos o como residuos sólidos urbanos municipales¹³. De acuerdo a las modificaciones del 08 de octubre de 2003, indicadas en el Diario Oficial, los residuos peligrosos generados por microgeneradores deberán ser controlados por el estado, al mismo tiempo que los no peligrosos.

En el Artículo 9, Título II de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se afirma que es competencia del estado la formulación de programas en materia de residuos de manejo especial así como la autorización de su manejo. En el Título III, Artículo 19, se clasifican tales residuos como:

1. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin
2. Residuos de servicios de salud
3. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícola, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades.
4. Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas
5. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales
6. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;
7. Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores
8. Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes
9. Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

c. Competencia Municipal: Residuos Sólidos Urbanos

Es competencia de los municipios el control de los residuos sólidos urbanos o domésticos. Del artículo 149 al 160 de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental del Estado de Quintana Roo se menciona que es competencia del municipio la promoción, regulación, instalación y funcionamiento de sistemas municipales de recolección, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos domésticos o industriales no peligrosos. Específicamente, el Artículo 155 hace referencia a la instalación de sistemas adecuados de manejo de residuos domésticos.

Finalmente, es importante mencionar que México forma parte de convenciones internacionales como la Convención de Basilea, adoptada en 1990. Esta convención se refiere al Control del Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos.

¹² Modificaciones hechas en el Diario Oficial de la SEMARNAT el 08 de octubre de 2003.

¹³ Artículo 5, Sección XXX de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

C.4.1.3 Inventario de industrias por municipio¹⁴

En los tres municipios, como en el resto del estado, el sector industrial es incipiente. Éste consiste principalmente en micro industrias manufactureras y se concentra en los sub-sectores de alimentos, tabaco, bebidas, productos de madera y papel. La infraestructura industrial actual se concentra en tres parques: en Puerto Morelos, Benito Juárez; en Felipe Carrillo Puerto; y en Chetumal, OPB. Sin embargo, con la intención de diversificar la economía, el gobierno estatal está desarrollando programas que intentan promover el sector industrial. Entre los proyectos se ha considerado el establecimiento de las siguientes plantas: una planta procesadora de cítricos; una planta deshidratadora y procesadora de chiles jalapeños; una planta de producción de mermelada y una planta de producción de vegetales. No obstante, estas plantas aún están en la fase de proyecto.

Othón P Blanco

Este municipio se ha caracterizado por sus funciones administrativas y últimamente por su desarrollo turístico. La actividad industrial es baja, consistiendo principalmente en micro industrias y en un parque industrial donde alguna vez hubieron más de 41 establecimientos (actualmente hay menos de 10). Además, en San Rafael Pucté se localiza una industria azucarera, la cual diversifica la economía rural de las comunidades del sur del estado.

Solidaridad

El municipio se caracteriza por el desarrollo del sector turístico. La actividad industrial es escasa, consistiendo principalmente en tortillerías y otras micro industrias. Sin embargo la industria de la construcción está creciendo rápidamente a causa del desarrollo de la infraestructura urbana y turística.

Felipe Carrillo Puerto

En este municipio la actividad industrial consiste en la industria manufacturera, con pequeños talleres y aserraderos que producen artesanías de madera. También hay un parque industrial con 20 industrias.

C.4.1.4 Manejo interno

Según el INE (2000), hay 248 industrias en Quintana Roo, las cuales generan 48.68 toneladas de residuos peligrosos por año. Con la finalidad de conocer el manejo de los residuos industriales en el municipio, se levantó una encuesta entre algunas empresas. Algunas industrias encuestadas se localizaron en el parque industrial y otras en Chetumal y

¹⁴ An inventory of business entities by municipalities will be on the Annex.

Subteniente López. La única industria que genera residuos peligrosos es Turbo gas Xul Ha, una subestación de la Comisión Federal de Electricidad.

Respecto al manejo de residuos líquidos peligrosos, se puede decir que todos los lugares que cambian aceite y filtros en Chetumal, deberían estar registrados con la PROFEPA, quien es responsable del control en la cantidad y frecuencia de recolección de aceite. Las compañías responsables de la recolección de aceite son de Mérida. Además, las baterías de carros se recolectan cada dos semanas por las compañías que las producen¹⁵.

Consortio Lechero S.A. de C.V.

Esta es una industria de productos lácteos que produce yogurt, crema y diferentes tipos de queso. Localizada en el parque industrial de Chetumal, esta compañía tiene cerca de 20 empleados. Como resultado del proceso industrial, sus residuos se componen principalmente de cartones de tetra pack, plásticos y suero. Todo con excepción del suero se almacena en bolsas plásticas y se deposita en un incinerador al aire libre, ubicado en el patio de la compañía. Al interior de la planta hay contenedores en los que el personal deposita sus residuos personales y que luego son vertidos en el incinerador. Todos los residuos se depositan juntos, sin que haya algún tipo de separación. También hay chatarra y residuos de acero apilados, que alguna vez fueron parte de maquinaria. Con respecto al tratamiento de residuos líquidos, no hay ninguna planta de tratamiento de aguas sino únicamente un tanque donde se deposita temporalmente el suero. Después este suero es vendido a los campesinos locales quienes lo usan para alimentar a sus cerdos.

En conclusión, no existe infraestructura adecuada para el manejo de residuos. Todo se deposita en el suelo y se quema en un incinerador al aire libre. La compañía no acostumbra a reciclar recursos y el personal no recibe capacitación de ningún tipo respecto al manejo de residuos.

Cambium S.A. de C.V.

Esta industria produce pisos de Madera para ser exportados a los Estados Unidos. Ubicada en el parque industrial, tiene cerca de 300 empleados que trabajan en la producción de pisos preacabados hechos con diferentes tipos de madera. Sus residuos consisten principalmente en sobrantes de madera (que no tienen las condiciones de calidad requeridas por el mercado), aserrín, plásticos, pinturas, solventes, selladores y otros químicos utilizados en el proceso industrial. Todos los residuos de la madera son recolectados y transportados en camiones rentados a la compañía constructora Santa Fe. Luego se depositan temporalmente en el patio de la compañía. Los otros materiales (aserrín, plásticos, papel, aceites y químicos) se

¹⁵ Información tomada del Reporte de Reciclaje de Hiram Diaz (2003).

depositan en contenedores metálicos y después se transportan a un tiradero ilegal, donde todo se tira y se quema al igual, sin ninguna distinción¹⁶.

Esta compañía no tiene un plan adecuado para el manejo de residuos. Todo se bota sin control y no se promueve ninguna actividad de reciclaje. El personal no recibe capacitación alguna en cuanto a sistemas apropiados de manejo de residuos.

Turbo Gas Xul Ha

Debido a regulaciones indicadas en la LGEEPA, la Comisión Federal de Electricidad (incluyendo sus subestaciones) tienen que enviar un reporte semestral a la SEMARNAT con respecto al reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento de sus residuos peligrosos. En OPB, la subestación Turbo gas Xul Ha, responsable de la generación y distribución de energía eléctrica, genera residuos peligrosos que consisten principalmente en estopas impregnadas de lubricante usado (considerado como residuo tóxico). De acuerdo a los reportes enviados a SEMARNAT, del 2000 al 2003, la subestación reportó no haber enviado ningún residuo peligroso a reciclaje, tratamiento, incineración o confinamiento. Sin embargo, en 1999 la subestación emitió 160 kilos de estopa impregnada, la cual se almacenó temporalmente en la subestación y luego fue entregada.

Con respecto al manejo de residuos, la subestación tiene un almacén de control de residuos peligrosos donde los sobrantes de aceite lubricante son recolectados y almacenados diariamente en contenedores metálicos de 200 litros. Los residuos no son tratados al interior de la subestación ni hay equipo para el control de contaminantes (como el control a emisiones de dióxido de sulfuro, el cual se genera en la subestación). El aceite lubricante se vende cada año para reciclaje y la estopa impregnada se incinera. El reporte no menciona a que compañía se vende el aceite ni donde se deposita finalmente todo el residuo peligroso.

Calquin Industries S.A. de C.V.

Ubicado cerca de Calderitas, esta industria produce cal para propósitos comerciales. Los residuos se componen principalmente de partes de roca, polvo, piezas metálicas y aceite usado (combustoleo), el cual se usa en los calderos para el proceso de calcinación de la roca. Uno de los problemas con el combustoleo es su alta concentración de sulfuro y vanadium, que puede deteriorar la calidad del aire si se usa sin control. Calquin es responsable de la emisión de partículas de polvo y cenizas a la atmósfera que causan problemas a la salud pública (irritación en el tracto respiratorio y reducción en las funciones de los pulmones) y al medio ambiente (reducción en el proceso de fotosíntesis a causa de la lluvia ácida). Además, se pudieron observar pequeños amontonamientos de cal en el piso; uno de los problemas de

¹⁶ Información proporcionada por trabajadores de la compañía. Para ver las fotos consulte el Anexo.

ésto es que cuando cae la lluvia, la cal se filtra al acuífero y contamina. Sin embargo, cuando se le entrevistó, el gerente dijo que su compañía no emite residuos y que solo pequeñas cantidades de cartón, plástico y piezas metálicas se depositan en su terreno. Dijo también que no había necesidad de algún sistema de manejo de residuos debido a que la industria no genera ninguno, negando de esta forma que sus residuos industriales son una fuente importante de contaminación atmosférica.

Herrería Artística “Rubén Pérez Ventura”

Ubicada en Chetumal, esta empresa se especializa en la producción de cortinas metálicas, protectores para ventanas, puertas de metal, etc. En términos generales, la industria está regulada por la SEMARNAT debido a la contaminación por ruido (que puede definirse como sonidos indeseados u ofensivos que obstaculizan nuestras actividades diarias). Sin embargo esta industria también genera residuos peligrosos como el acero, plomo y cadmio; es decir, hay cantidades considerables de metal y chatarra abandonadas en el terreno del establecimiento. De acuerdo a la encuesta, todos los residuos de hierro son depositados en el piso, no en contenedores, y nada se recicla o separa. El municipio recolecta cada cuatro meses todo el fierro acumulado y lo envía a compañías fundidoras de Mérida.

En conclusión, la industria no tiene ningún sistema de manejo de residuos y los sobrantes de pinturas, solventes y otros químicos son abandonados en el piso. El problema primordial es que la generación continua de residuos metálicos puede causar serios problemas a la salud humana y al medio ambiente. En otras palabras, los residuos no reciben ningún tipo de tratamiento y el personal no está capacitado en como manejar los residuos peligrosos.

Compañía de Plásticos “Proplas”

Proplas es la única empresa en Othón P Blanco que produce productos de plástico para el mercado. Producen plásticos rojos, verdes y blancos en los que guardan limpiadores domésticos. Los residuos se componen principalmente de sobrantes. El dueño dijo que en general los residuos se reciclan, es decir, los residuos de plástico del mismo color se trituran en un molino y sirven como materia prima para usarse de nuevo. Sin embargo, la empresa no acostumbra reciclar plásticos usados (o botellas usadas); tampoco compran materiales de plástico usados. El resto de los residuos: papeles, cartones y bolsas se guardan en bolsas plásticas grandes localizadas en contenedores y finalmente son recolectadas por personal del servicio de recolección municipal. Con respecto a capacitación del personal, algunos empleados son capacitados en como reciclar plásticos, es decir, el dueño les enseña como cortar, dividir y triturar los materiales.

Ligna International

Al igual que Cambium S.A. de C.V., esta industria (con cerca de 50 o 60 empleados) también produce pisos de madera para exportar a los Estados Unidos y otros países. Los residuos sólidos se componen en su mayoría de pedazos de madera y aserrín, aunque hay una cantidad significativa de plásticos y papeles. Los residuos líquidos se componen de pintura, aceites y resinas. No hay separación de residuos sólidos, todo se deposita de manera conjunta en el piso de la empresa y, de acuerdo a la información recabada, el servicio de recolección lo realiza dos veces a la semana un particular propietario de una camioneta; la compañía le paga por sus servicios. Esta persona debería en teoría llevar todos los residuos al tiradero municipal pero en su lugar los deposita en un terreno suyo porque está más cerca de la compañía que el tiradero. La empresa no da ningún tipo de tratamiento a los residuos que genera, sino que solamente pagan por la recolección. Sin embargo, acostumbran a utilizar piezas de madera y aserrín en los calderos. No obstante, eliminan grandes cantidades de madera, filtros de aceite y otros materiales. Es importante mencionar que la compañía a veces dona residuos de madera a los prisioneros de la cárcel estatal, quienes los usan para fabricar artesanías; sin embargo la cantidad donada es pequeña.

En conclusión, Ligna International no tiene un sistema organizado de manejo de residuos. Éstos son eliminados y depositados sin ningún tipo de control en el terreno del recolector.

C.4.1.5 Manejo de residuos al exterior de las empresas¹⁷

Este aspecto se refiere al manejo de residuos industriales peligrosos por compañías especializadas que han sido aprobadas por la SEMARNAT. De acuerdo a la ley federal, el manejo de residuos industriales peligrosos es responsabilidad del que los genera (al eliminarlos ellos mismos o al contratar empresas especializadas de manejo), sin embargo, en cualquier actividad relacionada con el manejo de residuos, se tiene que observar lo requerido por ley. De acuerdo a la SEMARNAT, en México hay 156 compañías autorizadas para el tratamiento y confinamiento de residuos industriales peligrosos, aunque solamente una en Quintana Roo. A pesar de que la infraestructura para su manejo ha aumentado, la capacidad es muy limitada y únicamente una pequeña porción es tratada, reciclada o transportada en condiciones ambientales o técnicas satisfactorias. Se estima que a nivel nacional sólo el 12% de los residuos industriales peligrosos se controla apropiadamente. Algunas actividades desarrolladas para el control de residuos industriales peligrosos son el reciclaje de aceites, solventes, residuos energéticos, residuos con metales, exportación de residuos contaminados y confinamientos.

¹⁷ Para una lista completa de compañías especializadas consulte el Anexo.

Finalmente es importante mencionar que desde la aparición del “Programa para el Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos 1996-2000”, SEMARNAT desarrolló los CIMARIS (Centros Integrales para el Manejo y Aprovechamiento de Residuos Industriales Peligrosos), los cuales pueden ser descritos como instalaciones industriales que usan residuos como insumos para nuevas líneas productivas en proceso de reciclaje y recuperación de recursos y energía.

C.4.1.6 Comentarios finales

Durante las últimas dos décadas se ha incrementado la concientización en cuanto a los daños ocasionados por la generación y disposición no controlada de residuos industriales, especialmente los peligrosos. A pesar de que la industria mexicana está más restringida por políticas y regulaciones ambientalistas, aún existe un gran vacío en cuanto a concientización ambiental por parte de diferentes sectores sociales: sociedad civil, niveles gubernamentales y el sector industrial. La falta de interés e información se debe en parte a que no se ejecuta la ley de manera suficiente por parte de las autoridades competentes, a la desinformación del público, a la falta de incentivos para la reducción y tratamiento apropiados de residuos industriales, a la falta de infraestructura para el manejo de residuos, a la falta de acuerdos entre los tres niveles de gobierno y el sector industrial, a la falta de mercados desarrollados y finalmente a la supervisión insuficiente. Por ejemplo, en el parque industrial de Chetumal no hay control ni supervisión en cuanto a la disposición de residuos industriales.

Idealmente, los residuos industriales deberían reusarse o reciclarse. De no ser posible, deberían ser almacenados en contenedores seguros y enviados a incineración, reducción, neutralización y confinamiento en sitios especiales. Sin embargo, en el caso específico de los municipios donde el Equipo de Estudio está trabajando, las industrias no cuentan con un sistema organizado e integrado de manejo de residuos industriales, particularmente en Othón P Blanco. La colección, almacenamiento, transportación y disposición final no es controlada a pesar de que existen reglamentos. La ejecución de la ley es mínima.

Es necesario que todas las industrias en Quintana Roo y en el país en general cuenten con sistemas adecuados de manejo de residuos con la finalidad de detener la generación continua de residuos industriales corrosivos, reactivos, tóxicos e inflamables, los cuales ponen en peligro la salud pública y el medio ambiente.

C.4.1.7 Bibliografía

- CESPEDS (2004) Residuos industriales en México: una torre de Babel ecológica.
- Clasificación de industrias (2004) <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/BDINE/M150430.HTM>
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA)

- Díaz, Hiram (2003) Informe de Reciclaje
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos (2004) <http://www.cedes-gm.org.mx/glosario.htm>
- INE (Instituto Nacional de Ecología)
- INEGI (1999) Cuaderno Estadístico Municipal
- Industrias en Quintana Roo (2004): <http://www.larevista.com.mx/ed522/5226.htm>, <http://sede.qroo.gob.mx/opuriver.htm>, <http://148.233.168.204/qroo/dgats1/anexo1.shtml>, http://dzibanche.biblos.uqroo.mx/compilajus/Impacto_Ambiental.htm, <http://www.quintanaroo.gob.mx/nuestroestado/inversion/flash/parques2003.htm>, <http://sede.qroo.gob.mx/altexpitex.htm>
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental del estado de Quintana Roo
- Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)
- Ley Orgánica Municipal del estado Libre y Soberano de Quintana Roo
- Reglamento para la prestación del servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos
- SEMARNAP (2000) Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000.
- <http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/contenido.html>
- SEMARNAT. <http://www.semarnat.gob.mx>
- Encuesta a ocho industrias en Othon P Blanco

C.4.2 Manejo Médico de Residuos

C.4.2.1 Marco legal para el manejo de desechos sólidos.

a. Leyes, Normas y Reglamentos

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; de la competencia de las secretarías federales, artículo 32 Bis incisos IV, V, y XII
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (8 de Octubre de 2003)
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. (1988). México
- NOM-052-ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. México.
- NOM-053-ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. México.
- NOM-054-ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-ECOL-1993. México.
- NOM-055-ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radioactivos. México.
- NOM-056- ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. México.
- NOM-057-ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos. México.

- NOM-058-ECOL-1993. (22 octubre de 1993). Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. México.
- Proyecto de NOM-073-SSA1-1993. (4 noviembre de 1994). Estabilidad de Medicamentos.
- NOM-083-ECOL-1994. (En prensa,1995). Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.
- Proyecto de NOM-084-1994. (22 de junio de 1994). Que establece los requisitos para el diseño de un relleno sanitario y la construcción de obras complementarias. México.
- [NOM-087-ECOL-1994](#) Establece los requisitos para la clasificación, separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamientos y disposición final de los residuos peligrosos biológicos-infecciosos que se generen en establecimientos que prestan atención médica, tales como hospitales y consultorios médicos, así como laboratorios clínicos, laboratorios de producción de biológicos de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios.

b. Dependencias del gobierno que regulan y controlan la gestión de los residuos

En lo que respecta a los residuos especiales y peligrosos, de acuerdo con la legislación ambiental vigente y a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal que en su artículo 32 *Bis* inciso IV establece como competencia de la Semarnat lo siguiente: Establecer con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente; sobre los ecosistemas naturales; sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática; sobre descargas de aguas residuales, y en materia minera; y sobre materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos; y es ésta, a través de sus dos órganos desconcentrados, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la responsable de su regulación y control.

c. Autoridades responsables y sus funciones

Corresponde al INE elaborar la política y los ordenamientos legales para regular los residuos especiales y peligrosos, así como emitir las autorizaciones al respecto, con el apoyo de las delegaciones de la Semarnat. Por otro lado la Profepa y sus delegaciones, vigilan el cumplimiento de la legislación ambiental sobre dichos residuos.

Quienes pretenden realizar obras o actividades públicas o privadas en las que pueden generarse residuos peligrosos, deben contar con la autorización del INE, inscribirse en el registro respectivo.

El manejo de residuos peligrosos implica, el conjunto de operaciones que incluyen almacenamiento, recolección, transporte, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y

disposición final de este tipo de residuos. Todas estas actividades requieren de autorización del Instituto Nacional de Ecología.

C.4.2.2 Inventario de los centros hospitalarios¹⁸

a. Othón P. Blanco

A nivel del municipio existen 84 unidades médicas de las cuales 2 pertenecen al IMSS, 2 al ISSSTE, 1 a la Secretaria de la Defensa Nacional, 1 a la Secretaria de Marina. 72 a SESA y 6 al DIF; todos pertenecen al sector salud de gobierno. Por parte de la iniciativa privada se cuenta con 12 clínicas. Centros de atención hospitalaria:

Cuadro C-59: Unidades Medicas en Othón P Blanco

Unidades medicas y recursos materiales Othón P. Blanco	
Unidades medicas del sector público	84
Unidades Medicas Particulares	12
Camas censables en unidades medicas publicas	159
Camas censables en unidades medicas privadas	25

En lo referente al manejo de los desechos hospitalarios SESA tiene concesionado el servicio de recolección a una empresa que tiene su base en la ciudad de Mérida.

b. Felipe Carrillo Puerto

El municipio cuenta con treinta y ocho centros de atención médica los cuales se componen de la siguiente manera: 1 que pertenece al IMSS, 1 del ISSSTE, 33 de SESA, 22 del DIF y 1 del INI. Centros de atención hospitalaria:

Cuadro C-60: Unidades medicas en Felipe Carrillo Puerto

Unidades medicas y recursos materiales Felipe Carrillo Puerto	
Unidades medicas del sector público	38
Unidades Medicas Particulares	3
Camas censables en unidades medicas publicas	27
Camas censables en unidades medicas privadas	0

c. Solidaridad

La infraestructura de salud en el territorio municipal está integrada por 13 unidades médicas de las que 8 pertenecen a SESA, 1 al IMSS, 1 al ISSSTE y 3 al DIF. Centros de atención hospitalaria:

¹⁸ Fuente: Dependencias e instituciones que tienen a cargo la coordinación de los servicios de salud en el estado. Secretaria Estatal de Salud.

Cuadro C-61: Unidades medicas en Solidaridad

Unidades medicas y recursos materiales Solidaridad	
Unidades medicas del sector público	13
Unidades Medicas Particulares	5
Camas censables en unidades medicas publicas	10
Camas censables en unidades medicas privadas	2

C.4.2.3 Manejo interno de los residuos hospitalarios

a. Definición

Residuos peligrosos

De acuerdo con la legislación ambiental, son aquellos residuos que en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas explosivas, inflamables, biológicas-infecciosas, representan un peligro para la salud o el ambiente.

b. Clasificación

- No infecciosos: desechos que provienen de las salas de espera del área de consulta externa.
- Biológico infecciosos: proviene de las salas de expulsión y de quirófanos así como también se consideran dentro de este tipo a los desechos de los consultorios de ginecología y obstetricia y los del área de hospitalización.
- Peligroso: objetos punzo cortantes como jeringas, vidrio, etc.

c. Separación

Dentro de los hospitales, se lleva a cabo la separación de los desechos identificando el contenedor por medio de los colores de las bolsas de plástico que tengan, a saber, se utilizan tres colores: Negro, Amarillo y Rojo, el negro identifica donde deben depositarse los desechos convencionales, el Amarillo es utilizado para identificar el recipiente donde se depositaran los residuos punzo cortantes; para este caso, la compañía concesionada proporciona unos recipientes de plástico rígido de color Rojo y tapa blanca con etiqueta de identificación Amarilla con capacidad de 7 litros, el color Rojo identifica el recipiente para los desechos Biológico-infecciosos. En las áreas de hospitalización donde se encuentran los botes para los desechos, existen rótulos que explican la manera en que se deben separar los residuos.

d. Recolección

La recolección es llevada a cabo en la mayoría de los casos por el personal de la compañía concesionada por la dirección del hospital para efectuar la limpieza del mismo, y esta, se

efectúa tres veces al día. La ruta de recolección de desechos se indica a través de leyendas que se encuentran adheridas a las paredes.

e. Tratamiento

Por parte del hospital el único tratamiento que se le da a los residuos es el de refrigeración y, éste, es únicamente para el material orgánico proveniente de quirófanos; los órganos permanecen en los refrigeradores hasta que son retirados por la empresa autorizada para ello. La incineración o cualquier otro tipo de forma de disposición final en los hospitales esta prohibida.

f. Capacitación

En materia de capacitación el personal de los hospitales, en lo que a manejo de residuos biológico infecciosos se refiere, recibe cursos dos veces al año. En el caso en el que el personal que recolecte los desechos sea el personal de la compañía concesionada para la limpieza del hospital, ésta ofrece capacitación a cada miembro que ingrese a laborar a la unidad medica por parte de la misma.

Cuadro C-62: Modo de disposición de desechos en los recintos hospitalarios

TIPO DE RESIDUO	ESTADO FISICO	TIPO DE ENVASADO	COLOR
Sangre. Cultivos y cepas almacenadas de agentes infecciosos. Residuos no anatómicos derivados de la atención a pacientes y laboratorios.	Sólido	Bolsa de plástico	Rojo
	líquidos	Recipientes herméticos	Rojo
Patológicos	Sólidos	Bolsa de plástico	Amarillo
	Líquidos	Recipientes herméticos	Amarillo
Objetos punzo cortantes usados y sin usar	Sólido	Recipientes rígidos	Rojo

C.4.2.4 Manejo de desechos fuera de las unidades medicas

En lo que respecta a la recolección de los R.P.B.I. (Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos) en los centros hospitalarios pertenecientes al sector salud de gobierno, la efectúa la empresa ECOLOGÍA DEL MAYAB, S.A. DE C.V.¹⁹ la cual se localiza en la ciudad de Mérida Yucatán, esta empresa realiza la recolección dos veces por semana.

Ecología del Mayab, proporciona a los hospitales contenedores de plástico de color Rojo con tapa, los cuales tiene una capacidad de 50 litros y se utilizan para el acopio de los residuos

¹⁹ ANILLO PERIFÉRICO PONIENTE, C.P. 93300, TEL: 9270066, FAX:9270066, EMAIL: ecomab@sureste.com

biológico infecciosos del hospital, estos contenedores se encuentran confinados en un cuarto dispuesto especialmente para este fin fuera del área del hospital.

La empresa Ecología del Mayab S.A. de C.V. utiliza un incinerador marca Consumat Waste Disposal-System, modelo C-225, con contenedores, para dar tratamiento final a los residuos biológico infecciosos.

Cuadro C-63: Empresa que brinda tratamiento a los desechos biológico infecciosos

AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	CAPACIDAD	UNIDAD
31-50-PS-VIII-10-99	ECOLOGÍA DEL MAYAB, S.A. DE C.V.	CALLE 17-A No. 101-B,	MÉRIDA	YUCATÁN	102	KG/HR
		ENTRE 12 Y 14,				
		COL. ITZIMNÁ, C.P. 97100				

C.4.2.5 Comentarios finales

En cuanto a manejo de desechos peligrosos, los hospitales buscan cumplir con los requisitos que establece la NOM-087-ECOL-1994. La PROFEPA, se encarga de realizar auditorias a todas las unidades médicas de la entidad, de emitir recomendaciones e imponer sanciones en los casos que lo ameriten. De acuerdo a la *Ley de General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos* que entró en vigor el 8 de Octubre de 2003, es facultad de las entidades federativas: Autorizar y llevar a cabo el control de los residuos peligrosos generados o manejados por *micro generadores*, así como imponer las sanciones que procedan.

Capitulo D

*Evaluación de las Situaciones
Actuales y Confirmación de
Aspectos Importantes*

Contenido

Página:

D	Evaluación de las Situaciones Actuales y Confirmación de Aspectos Importantes	D-1
D.1	Introducción.....	D-1
D.2	Criterios de Evaluación	D-1
D.2.1	Ambiente Acuático a ser Considerado.....	D-1
D.2.2	Propósito General del Saneamiento Ambiental	D-3
D.2.3	Desarrollo Sustentable.....	D-4
D.2.4	Criterios de Evaluación	D-4
D.3	Evaluación y Aspectos Importantes.....	D-5
D.3.1	Manejo de Aguas Residuales	D-5
D.3.2	Manejo de Residuos Sólidos.....	D-12
D.3.3	Manejo de Aguas Subterráneas.....	D-19
D.4	Evaluación Detallada.....	D-21
D.4.1	Manejo de Aguas Residuales	D-21
D.4.2	Manejo de Residuos Sólidos.....	D-39
D.4.3	Manejo de Agua Subterráneas	D-49

Listado de Cuadros

Página:

Cuadro D-1: Estimado de la Cantidad de DBO Generada y Descargada.	D-22
Cuadro D-2: Cantidad de DBO Generada y Descargada en el Área de Estudio.....	D-23
Cuadro D-3: Desglose de Métodos de Disposición de Aguas Residuales en las Áreas sin Servicio de Sistema de Alcantarillado y Saneamiento	D-24
Cuadro D-4: Tasa Estimada de DBO Removida de los Tanques Sépticos.....	D-25
Cuadro D-5: Cantidad Estimada de DBO Removida por los Tanques Sépticos.....	D-25
Cuadro D-6: Cantidad de DBO descargada Considerando el efecto de los Tanques Sépticos.....	D-25
Cuadro D-7: Distribución de la población.	D-27
Cuadro D-8: Distribución de la población	D-31
Cuadro D-9: Distribución de la Población.....	D-35
Cuadro D-10: Visión del Manejo de Residuos Sólidos Dentro del Área de Estudio	D-40

Listado de Figuras

Página:

Figura D-1: Estructura de Conexión entre el Saneamiento Ambiental y el Ambiente Acuático.....	D-3
Figura D-2: Aguas Subterráneas y Desarrollo Sustentable	D-3
Figura D-3: El Estudio y el Desarrollo Sustentable del Área de Estudio	D-4
Figura D-4: Balance de DBO en Othón P Blanco.....	D-23
Figura D-5: Balance de la DBO de Felipe Carillo Puerto.....	D-24
Figura D-6: Balance de la DBO de Solidaridad.....	D-24

D Evaluación de las Situaciones Actuales y Confirmación de Aspectos Importantes

D.1 Introducción

En este capítulo, se evalúan las situaciones actuales descritas en los capítulos precedentes y se confirman los aspectos importantes a ser considerados en las etapas subsecuentes del estudio. En la consideración de estos problemas, es importante tener un punto de vista común entre las organizaciones relacionadas al estudio. Una de las cosas que nos da tal punto de vista es el objetivo del estudio. El objetivo principal del estudio es:

“Planteamiento del Plan Maestro de Manejo de Saneamiento Ambiental que integre los manejos de las aguas residuales y los residuos sólidos, con el objetivo de preservar el ambiente acuático en la costa oriental del Estado de Quintana Roo, estableciendo 2015 como el año meta.”

Se espera que con base en el Plan Maestro formulado, el manejo de saneamiento ambiental sea llevado a cabo en forma apropiada con el fin de contribuir con la preservación del ambiente acuático en el área de estudio. Sin embargo, surge la pregunta de qué es el ambiente acuático.

En el estudio, se encuentran involucradas varias instituciones de contraparte, C/P. Cada institución tiene sus respectivos objetivos y metas. Por otro lado, los recursos y el tiempo permitido al equipo de estudio, E/E, son limitados. Por lo tanto, es indispensable tener un objetivo común para obtener resultados fructíferos integrando los esfuerzos y recursos de todas las agencias relevantes.

Con el fin de consensar un objetivo en común, se han mantenido discusiones entre la C/P y el E/E sobre cuál es el medio ambiente acuático más importante desde los puntos de vista del objetivo del estudio, características del área de estudio y el desarrollo sustentable, como se describe en la siguiente sección.

D.2 Criterios de Evaluación

D.2.1 Ambiente Acuático a ser Considerado

Entre la C/P y el E/E se han mantenido discusiones sobre cuál es el medio ambiente acuático más importante desde el punto de vista del saneamiento ambiental. Finalmente se concluyó que **el agua subterránea es el ambiente acuático más importante a ser considerado en el estudio.**

Al comienzo, se les preguntó a las C/P cuál sería el ambiente acuático más importante desde sus respectivos puntos de vista. Las respuestas fueron las siguientes: el Arrecife Coralino Mesoamericano, el Sistema de Cenotes y Cuevas, el Agua Subterránea, la Bahía de Chetumal y el Río Hondo. A continuación la C/P presentó los problemas actuales sobre saneamiento ambiental, los cuales fueron analizados sucintamente como se muestra en la Figura D-1.

Se esquematiza la conexión entre el saneamiento ambiental y el ambiente acuático. Las aguas residuales descargadas no son necesariamente recolectadas por las tuberías de alcantarillado; también van a los tanques sépticos, letrinas, etc. Por lo tanto, las aguas residuales contaminan las aguas subterráneas. Aun las aguas residuales recolectadas por las tuberías del alcantarillado tienen la posibilidad de contaminar el acuífero, porque las aguas residuales tratadas en una planta son inyectadas al suelo. Muchas casas tienen sus tuberías de desagüe de aguas residuales conectadas a las tuberías de desagüe pluvial, por lo cual contaminan directamente el agua del mar. Además, los residuos sólidos son transportados al botadero, y los lixiviados que se originan en el sitio pueden contaminar el acuífero. Los residuos sólidos no recolectados frecuentemente terminan en el desagüe pluvial y contaminan el mar. Como muestra la figura, el acuífero tiene muchas conexiones significativas con el saneamiento ambiental.

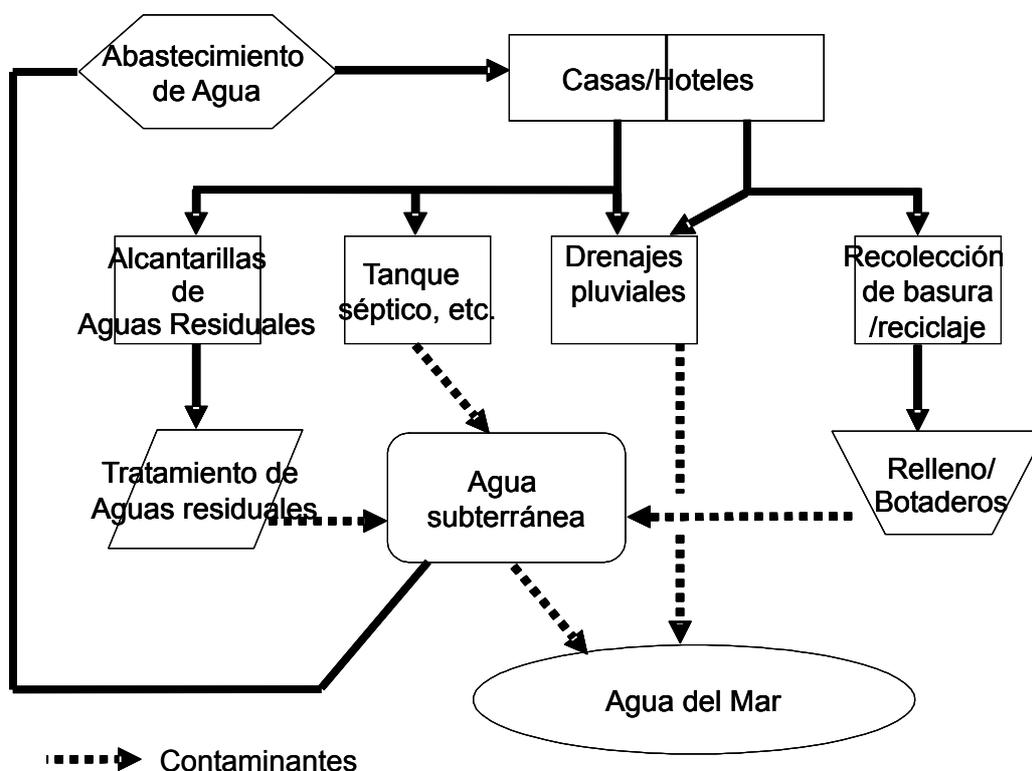


Figura D-1: Estructura de Conexión entre el Saneamiento Ambiental y el Ambiente Acuático

Basándose en la comprensión de las situaciones actuales del saneamiento ambiental, se confirma que si esta situación se deja como se encuentra y avanza el desarrollo turístico, el acuífero, que es la única fuente de abastecimiento de agua y tiene conexiones con otros ambientes acuáticos, enfrenta amenazas de contaminación y agotamiento. Entonces, será un factor significativo que obstaculizaría el futuro desarrollo sustentable del área de estudio, como se muestra en la siguiente figura.

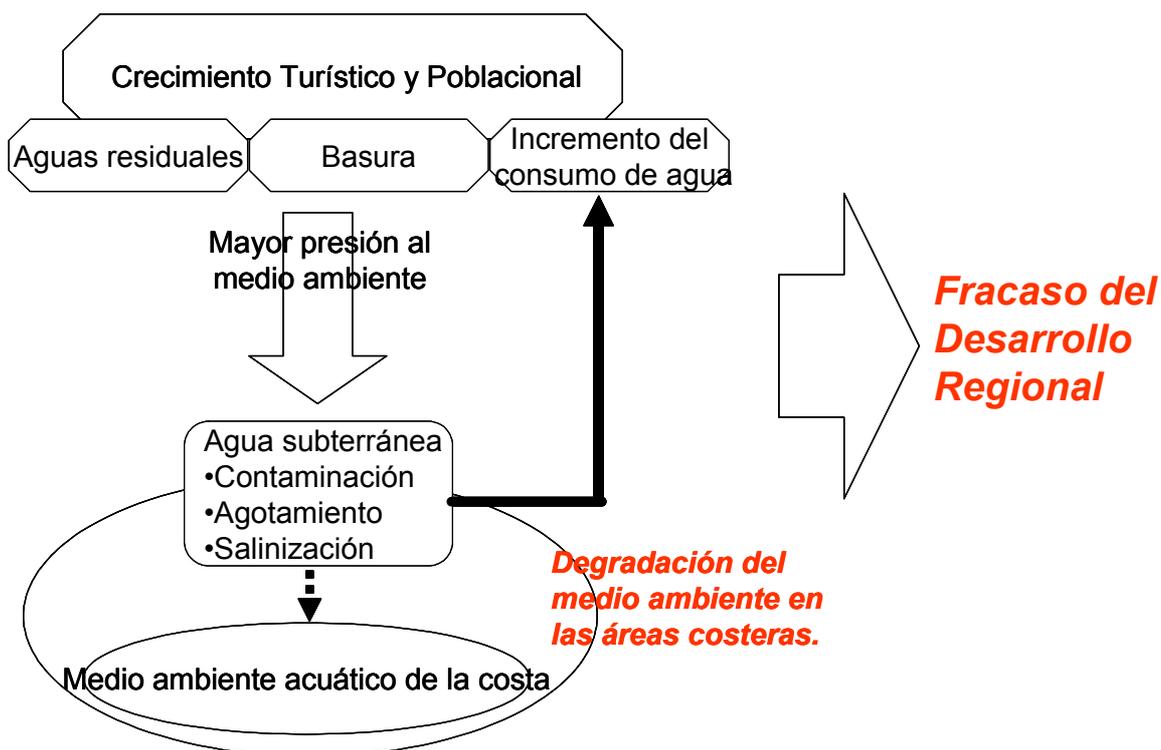


Figura D-2: Aguas Subterráneas y Desarrollo Sustentable

D.2.2 Propósito General del Saneamiento Ambiental

El saneamiento ambiental es generalmente sinónimo de saneamiento. Para enfatizar puntos diferentes, el saneamiento tiende a enfocarse en el mejoramiento del ambiente de vida y el hábitat con el objetivo de prevenir enfermedades. Por otro lado, el saneamiento ambiental tiende a considerar ambientes más amplios afectados por la descarga de aguas residuales y la disposición de residuos sólidos, tales como la contaminación del suelo y del agua. Por consiguiente, se debe tener en cuenta la higiene para evaluar las situaciones actuales.

D.2.3 Desarrollo Sustentable

Este estudio es un tipo de estudio de desarrollo que tiene el propósito de contribuir al desarrollo sustentable del área meta y del país. La Figura D-3 muestra la posición del estudio con respecto al desarrollo sustentable del área de estudio. En efecto, el estudio es una etapa preparatoria para implementar un manejo apropiado del saneamiento ambiental. El manejo apropiado contribuye a la preservación del acuífero. Además, contribuye a la conservación del ambiente acuático. Entonces, son conducentes al desarrollo sustentable del área de estudio, i.e., armonización entre el desarrollo turístico y la conservación de la naturaleza.

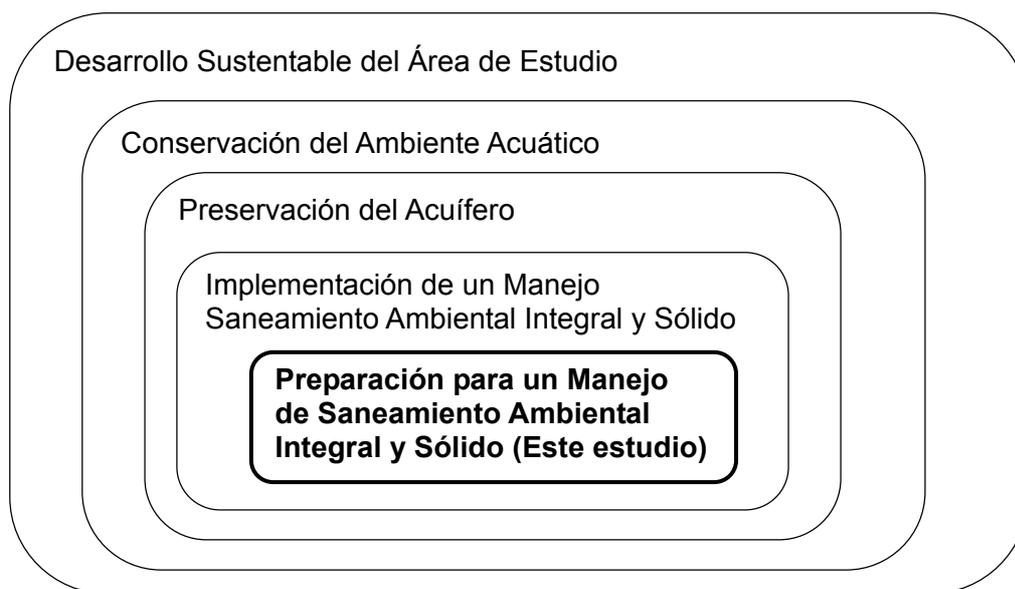


Figura D-3: El Estudio y el Desarrollo Sustentable del Área de Estudio

D.2.4 Criterios de Evaluación

De acuerdo a la discusión precedente, las actuales situaciones serán evaluadas principalmente con relación a:

- agua subterránea, acuífero,
- higiene y
- desarrollo sustentable

D.3 Evaluación y Aspectos Importantes

La evaluación significa juzgar la situación actual desde los puntos de vista mencionados anteriormente. Por otra parte, los aspectos importantes describen el futuro de la situación actual de acuerdo con la evaluación realizada.

D.3.1 Manejo de Aguas Residuales

a. Nivel Estatal

Aspecto Importante 01

Se debe establecer un sistema que integre los datos y actividades realizadas por varias instituciones.

Evaluación 01

- 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.

Aspecto Importante 02

Se debe considerar la necesidad de una regulación específica del manejo de aguas con el propósito de proteger el acuífero.

Evaluación 02

- La CNA tiene la intención de crear una nueva regulación o modificar la regulación existente sobre el manejo de aguas con el fin de hacerla apropiada para la condición geológica específica, donde predominan las formaciones calizas de la Península de Yucatán.
- 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.

Aspecto Importante 03

CAPA parece estar siguiendo el camino correcto. Se recomienda implementar lo que han planeado.

Evaluación 03

- 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.
- 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.
- 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.

b. Othón P Blanco

Aspecto Importante 11

Se debe promover la conexión urgente de los drenajes domésticos al alcantarillado.

Evaluación 11

- La generación de DBO y su descarga al medio ambiente en Othón P Blanco es la más alta entre los tres municipios.
- La población de Chetumal es de aproximadamente el 60% de la población total del municipio.
- 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.

Aspecto Importante 12

Se debe establecer la tecnología apropiada en áreas rurales y semi-urbanas para reducir la carga contaminante de estas áreas.

Evaluación 12

- 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.
- 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.
- 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.

Aspecto Importante 13

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.

Evaluación 13

- Los servicios de agua potable y alcantarillado en Othón P Blanco han sido financieramente deficitarios en los últimos tres años.
- El bajo nivel de medidores de micro-medición restringe el potencial de aplicación de la tarifa progresiva de agua.
- Los recursos son escasos por definición. Siendo realistas, sería cada vez más difícil depender de los niveles superiores de gobierno para el financiamiento de los servicios necesarios.
- Sería más factible persuadir a los usuarios de un servicio para que paguen su parte correspondiente de costos del servicio cuando los usuarios se encuentren relativamente satisfechos con el servicio.
- Afortunadamente, la oficina principal de CAPA tiene planes de completar la instalación de medidores de micro-medición dentro de los próximos dos años.

Aspecto Importante 14

Varias instituciones y una ONG (SEMARNAT, SEDUMA, CAPA, Municipio, Amigos de Sian Ka'an, etc.) 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.

Evaluación 14

- 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 Amigos de Sian Ka'an.
- 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 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.

c. Felipe C Puerto

Aspecto Importante 21

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.

Evaluación 21

- Existe un sistema compuesto por una planta de tratamiento centralizada (fuera de la localidad) y de alcantarillado 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.
- La planta de tratamiento de aguas residuales de Felipe Carrillo Puerto tiene la capacidad de tratar hasta 5 litros/segundo (432m³/día) de aguas residuales, sin embargo, el flujo actual es de 1.34 litros/segundo (116m³/día) lo cual representa sólo el 27% de su capacidad.

Aspecto Importante 22

Se debe establecer la tecnología apropiada en áreas rurales y semi-urbanas para reducir la carga contaminante de estas áreas.

Evaluación 22

- 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.

Aspecto Importante 23

Se debe mejorar la situación financiera de los servicios de agua potable y alcantarillado proveídos por CAPA en Felipe Carrillo Puerto. 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.

Evaluación 23

El servicio de agua potable en Felipe Carrillo Puerto ha sido financieramente deficitario en los últimos tres años.

- El bajo nivel de medidores de micro-medición restringe el potencial de aplicación de la tarifa progresiva de agua.
- Los recursos son escasos por definición. Siendo realistas, sería cada vez más difícil depender de los niveles superiores de gobierno para el financiamiento de los servicios necesarios.
- Sería más factible persuadir a los usuarios de un servicio para que paguen su parte correspondiente de costos del servicio cuando los usuarios se encuentren relativamente satisfechos con el servicio.
- Afortunadamente, la oficina principal de CAPA tiene planes de completar la instalación de medidores de micro-medición dentro de los próximos dos años.

Aspecto Importante 24

Se debe diseminar el uso apropiado de letrinas en áreas rurales.

Evaluación 24

- Se han realizado en el pasado algunos programas de letrización 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 los animales en las áreas urbanas son las causas principales de las enfermedades gastrointestinales.

d. Solidaridad

Aspecto Importante 31

Se debe construir y operar una nueva planta de tratamiento con el fin de hacer frente a la demanda creciente.

Evaluación 31

- Solamente Playa del Carmen cuenta con una población que representa alrededor del 68% del total de la población del municipio.
- En Playa del Carmen el flujo actual casi alcanza el índice de capacidad de la planta y resulta urgente construir o expandir la planta de tratamiento de aguas negras. Con el fin de resolver esta situación, CAPA tiene un plan para construir una planta con capacidad de 360 litros/seg (31,110m³/día).

Aspecto Importante 32

Se debe establecer la tecnología apropiada en áreas rurales y semi-urbanas para reducir la carga contaminante de estas áreas.

Evaluación 32

- 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 las instalaciones de un sistema de tratamiento de aguas negras a escala pequeña y colectiva y con un sistema de alcantarillado en Puerto Aventuras y Akumal en la Riviera Maya.
- 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.

- 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.

Aspecto Importante 33

Se debe mantener la buena situación financiera con el mejoramiento en la aplicación de la tarifa de agua existente, expansión de la micro-medición, cuidado con las fugas de agua, y mejoramiento constante de la calidad de agua. Estos esfuerzos deberían ser monitoreados a través de indicadores de desempeño seleccionados.

Evaluación 33

- Los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio de Solidaridad presentaron resultados financieros positivos en los últimos tres años.
- 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.
- 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 en forma constante.
- El Municipio de Solidaridad se beneficiará 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.

D.3.2 Manejo de Residuos Sólidos

a. Nivel Estatal

Aspecto Importante 01

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.

Evaluación 01

- En el curso del desarrollo económico surgen nuevos requerimientos variados con respecto al manejo de residuos sólidos, tales como el servicio de recolección para una población creciente, relleno sanitario y reciclaje, pero es posible que los ayuntamientos no tengan la capacidad necesaria para hacer frente a esos requerimientos.
- Existe un marco de colaboración en que el gobierno estatal a través de SEDUMA apoya a los ayuntamientos, aunque no se puede decir que esté funcionando bien.
- Los nuevos requerimientos necesitan de grandes financiamientos. Los ayuntamientos pueden acceder a recursos solo a través del gobierno estatal.

Aspecto Importante 02

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 de los municipios, especialmente Felipe C Puerto y Solidaridad.

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.

Evaluación 02

- 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.
- El proyecto 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 puede haber importantes acuíferos.

- 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.

b. Othón P Blanco

Aspecto Importante 11

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.

Evaluación 11

- El trabajo de recolección de residuos sólidos es bien realizado. Sin embargo, existen algunas amenazas/riesgos que pueden acabar con la buena situación, 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 significando pérdida financiera.
- 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.
- 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 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.

Aspecto Importante 12

Se debe mejorar el sitio de disposición existente en Calderitas.

Evaluación 12

- El sitio de disposición de Calderitas presenta un severo riesgo sanitario y ambiental, proliferación de insectos y animales, incendio, lixiviados, etc.

Aspecto Importante 13

En pequeñas comunidades, se debe establecer un manejo óptimo de residuos sólidos, incluyendo un sistema apropiado de disposición final.

Evaluación 13

- 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.

Aspecto Importante 14

La introducción del compostaje debe ser considerado principalmente desde el punto de vista de la viabilidad financiera.

Evaluación 14

- 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.

Aspecto Importante 15

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.

Evaluación 15

- 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.

Aspecto Importante 16

Varias instituciones y una ONG (SEMARNAT, SEDUMA, CAPA, Municipio, Amigos de Sian Ka'an, etc.) 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.

Evaluación 16

- 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, "Amigos de Sian Ka'an". 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 las aguas residuales y el modesto conocimiento del público en aspectos ambientales.

c. Felipe C Puerto

Aspecto Importante 21

Se debe mejorar la cobertura del servicio en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto.

Evaluación 21

- 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.
- El pobre estado de los vehículos dificulta la provisión de servicios apropiados de recolección de residuos sólidos.

Aspecto Importante 22

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.

Evaluación 22

- 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.
- 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 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.

Aspecto Importante 23

El botadero actual debe ser mejorado inmediatamente tomando en consideración la baja capacidad del ayuntamiento.

Evaluación 23

- 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.

Aspecto Importante 24

Los residuos hospitalarios deben ser cuidadosamente dispuestos en forma separada.

Evaluación 24

- 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.

Aspecto Importante 25

Se debe mejorar la conciencia ciudadana sobre problemas ambientales.

Evaluación 25

- 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 consecuencia de la poca conciencia ciudadana sobre los problemas ambientales.

d. Solidaridad

Aspecto Importante 31

Los dos botaderos abandonados deben ser clausurados inmediatamente en forma apropiada.

Evaluación 31

- En el municipio existen dos botaderos abandonados que se encuentran en terribles condiciones sanitarias y ambientales.

Aspecto Importante 32

Se debe tener en cuenta la viabilidad financiera en las actividades de reciclaje.

Evaluación 32

- 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.

Aspecto Importante 33

Los ingresos deben ser mejorados facilitando la aplicación de los derechos del servicio establecidos en Enero del 2003.

Evaluación 33

- 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 abren la posibilidad de 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.

Aspecto Importante 33

Se debe estimular la participación comunitaria en ciudades pequeñas.

Evaluación 33

- 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, aun se requiere de la participación comunitaria.

D.3.3 Manejo de Aguas Subterráneas

Aspecto Importante 01

Se debe guardar y mantener el diseño del pozo, así como también los datos sobre registros geológicos tomados durante la construcción del pozo.

Evaluación 01

- El inventario de los pozos en el Área de Estudio se guarda en la computadora de la CNA. Sin embargo, no se guardan con el inventario ni el diseño de los pozos ni los datos de registros geológicos durante la construcción. Estos datos son importantes como base para la construcción de las herramientas para el manejo de acuíferos, 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.

Aspecto Importante 02

Se debe mantener datos sobre el agua extraída e inyectada.

Evaluación 02

- 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.

Aspecto Importante 03

Se debe establecer un sistema de inspección y monitoreo de la calidad de agua de los pozos.

Evaluación 03

- La CNA debe realizar una inspección regular sobre los volúmenes de extracción y de inyección de agua, y la calidad de esas aguas, en pozos seleccionados por lo menos una vez al año.
- Se han construido pozos de monitoreo de las aguas subterráneas recientemente en el área de Cancún-Tulum. Se examinan regularmente los niveles de agua y la calidad de agua en forma manual a intervalos de 6 meses. No es necesario que se instalen medidores automáticos del nivel y de la calidad de agua en todos los pozos, pero algunos pozos seleccionados deben ser monitoreados automáticamente.

Aspecto Importante 03

Se debe establecer y hacer cumplir la norma de pozos de inyección.

Evaluación 03

- Muchos pozos de inyección ya han sido operados en el Área de Estudio. Sin embargo, no ha sido establecida la norma de inyección.

D.4 Evaluación Detallada

D.4.1 Manejo de Aguas Residuales

D.4.1.1 Visión del Área de Estudio

a. Calidad del Agua y Condiciones de Monitoreo

Varias instituciones han proporcionado los resultados de sus observaciones sobre cuerpos de agua costeros y cuerpos de agua dulce en y cerca del área de estudio. La Marina dirige y establece los puntos de observación, fijando así los cuerpos de agua. CAPA realiza observaciones periódicas de los pozos con dificultades de fuentes de abastecimiento de agua y CNA realiza estudios de las aguas subterráneas en la Riviera Maya, en donde la industria turística se ha desarrollado rápidamente y en donde existen muchos pozos de inyección de aguas residuales.

Con el fin de utilizar los datos obtenidos de las diferentes instituciones para el manejo del medio ambiente acuático en el área de estudio, es necesario establecer un sistema que integre los datos y actividades, coordinando datos, frecuencias y tiempo para establecer dicho sistema.

b. Descripción General de la Carga Contaminante de DBO.

Los sistemas de alcantarillado cubren áreas limitadas dentro del área de estudio. En las áreas donde no existe dicho sistema, las aguas residuales son tratadas en fosas sépticas o son descargadas directamente en los sumideros. Incluso en las áreas en las que se cuenta con sistema de alcantarillado, muchos de los residentes se niegan a conectar su drenaje doméstico al sistema público debido a que los costos de conexión deben ser cubiertos por los mismos residentes y ellos dicen no tener inconveniente en seguir usando los tanques sépticos.

La disposición final de los residuos en el área de estudio se realiza en basureros al aire libre sin control o en basureros con descarga controlada. En el área de estudio no existen ni rellenos sanitarios ni control de los lixiviados generados que pueden filtrarse hacia el subsuelo.

Tomando en cuenta que el área de estudio es una región donde predominan las formaciones calizas con alta permeabilidad, resulta preocupante que las aguas residuales y los lixiviados antes referidos puedan infiltrarse con mayor facilidad en el subsuelo y contaminar las aguas subterráneas.

Con el objetivo de controlar cuantitativamente esta situación, se calculó la DBO originada por las aguas residuales domésticas y los residuos sólidos. Las cantidades estimadas fueron las siguientes:

Cuadro D-1: Estimado de la Cantidad de DBO Generada y Descargada.

Campo	Elemento	Número asumido
Aguas Residuales	Cantidad generada de DBO	54 g/persona/día a.
	Planta de tratamiento de aguas negras en Chetumal	
	Concentración de DBO en el flujo de entrada	139 mg/litro a.
	Concentración de DBO en el efluente	1.9 mg/litro a.
	Cantidad tratada	645,942 m3/año a.
	Planta de tratamiento de aguas negras en Felipe Carrillo Puerto	
	Concentración de DBO en el flujo de entrada	101 mg/litro a.
	Concentración de DBO en el efluente	2.2 mg/litro a.
	Cantidad tratada	42,368 m3/año a.
	Planta de tratamiento de aguas negras en Solidaridad	
	Concentración de DBO en el flujo de entrada	323 mg/litro a.
	Concentración de DBO en el efluente	11.2 mg/litro a.
Cantidad tratada	2,025,128 m3/año a.	
Residuos Sólidos	Concentración de DBO del lixiviado	10,000 mg/litro b.
	Precipitación anual	1,290 mm/año e.
	Altura promedio de los tiraderos	2 m c.
	Tasa promedio per capita de descarga	1.0 kg/persona/año d.
	Densidad de los desechos en los tiraderos	0.2 c.

Fuente: ^a:CAPA, ^b:Manejo integrado de residuos sólidos, McGraw-Hill, ^c:Resultados de reconocimiento, ^d: SEDUMA, ^e: Plan de Agua 2001-2006 CNA

Cuadro D-2: Cantidad de DBO Generada y Descargada en el Área de Estudio.

Aspecto		Othón P Blanco	Felipe Carrillo Puerto	Solidaridad	Total	
Población (año 2001)	Residentes	230,718	61,703	86,863	379,284	
	Turistas	205,216	NA	1,504,052	1,709,268	
Cantidad generada de DBO (ton/año)	Aguas Residuales	Residentes	4,547.448	1,216.158	1,712.078	7,475.684
		Turistas	11.082	NA	81.219	92.301
		Total de Aguas residuales	4,558.530	1,216.158	1,793.297	7,567.985
	Residuos Sólidos	Residentes	1,902.038	508.676	716.102	3,126.816
		Turistas	4.635	NA	33.971	38.606
		Total de Residuos Sólidos	1,906.673	508.676	750.073	3,165.422
Total de DBO generada (ton/año)		6,465.203	1,724.834	2,543.370	10,733.407	
Porcentaje		60.2%	16.1%	23.7%	100.0%	
Cantidad de DBO generada en el área urbana (ton/año)		4,652.525	764.514	2,054.995	7,472.034	
Cantidad de DBO generada en el área rural (ton/año)		1,812.678	960.320	488.375	3,261.373	
Cantidad de DBO removida por los sistemas de alcantarillado y saneamiento (ton/año)		88.559	4.186	631.435	724.180	
Cantidad de DBO descargada en el área urbana (ton/año)		4,563.966	760.328	1,423.560	6,747.854	
Cantidad de DBO descargada en el área rural (ton/año)		1,812.678	960.320	488.375	3,261.373	
Cantidad total de DBO descargada (ton/año)		6,376.644	1,720.648	1,911.935	10,009.227	
Porcentaje		63.7%	17.2%	19.1%	100.0%	

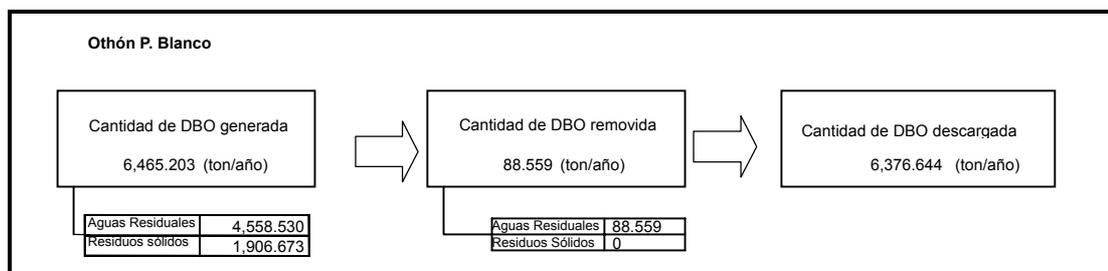


Figura D-4: Balance de DBO en Othón P Blanco

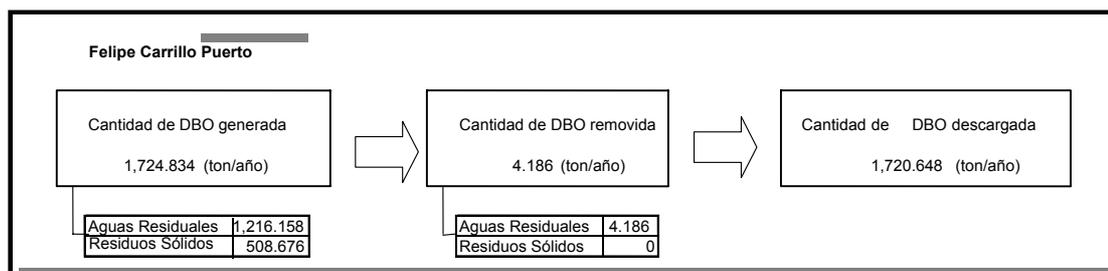


Figura D-5: Balance de la DBO de Felipe Carillo Puerto

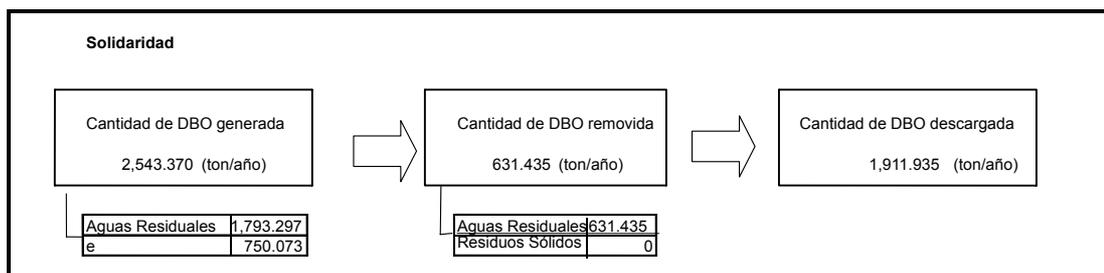


Figura D-6: Balance de la DBO de Solidaridad

De acuerdo con los resultados expuestos en las figuras anteriores, la más alta generación y descarga de DBO entre los tres municipios es la de Othón P Blanco. En comparación, la cantidad de DBO generada en Solidaridad es más alta con relación a su población, lo anterior se debe al alto número de visitantes turistas. Sin embargo, la cantidad de reducción de DBO, debido al tratamiento en las plantas de tratamiento de aguas residuales, es también alta en dicho municipio, por lo que la DBO descargada hacia el medio ambiente en Solidaridad es casi la misma que en Felipe Carrillo Puerto.

Los cálculos muestran que solamente el 7% de la cantidad de DBO generada es removida a través de tratamiento artificial. Sin embargo, se estima que la cantidad de DBO removida podría ser más de 7% debido a que existen tanques sépticos en las viviendas particulares e instalaciones para el tratamiento de aguas residuales que son propiedad de los dueños de desarrollos turísticos.

Con el propósito de tener una idea general de la cantidad de remoción realizada por el método de tanques sépticos, se realizó el siguiente ejercicio:

Se tomó como insumo un estudio relacionado a los métodos de tratamiento de aguas residuales en áreas sin sistemas de alcantarillado y saneamiento en Playa del Carmen, como se muestra en el siguiente cuadro, dicho estudio refleja que 24% del total de la población utiliza el sistema de tanques sépticos, aún cuando el número exacto de unidades es desconocido.

Cuadro D-3: Desglose de Métodos de Disposición de Aguas Residuales en las Áreas sin Servicio de Sistema de Alcantarillado y Saneamiento

Métodos de Disposición de Aguas Residuales	Porcentaje
Tanque séptico	24%
Sumideros	72%
Letrinas	2%
Sin sistema	2%

FUENTE: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PLAN PARCIAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE PLAYA DEL CARMEN, CAPA SEPTIEMBRE 2002

Se estima que la cantidad de BDO que es removida por el sistema de tanques séptico llega a 34.6 g/persona/día teniendo en cuenta las suposiciones del siguiente cuadro.

Cuadro D-4: Tasa Estimada de DBO Removida de los Tanques Sépticos

Concentración del DBO de entrada (mg/litro)	250
Concentración de DBO en el efluente (mg/litro)	90
Proporción de remoción de DBO (%)	64
Cantidad de DBO generada per cápita (g/persona/día)	54
Cantidad de DBO removida per cápita (g/persona/día)	34.6

A continuación, se realiza una nueva evaluación de la cantidad de DBO removida y descargada al medio ambiente teniendo en cuenta el efecto de remoción de los tanques sépticos, bajo las siguientes suposiciones:

- La población que usa tanques sépticos representa el 24% de la población que no cuenta con el sistema de alcantarillado y saneamiento.
- La cantidad de DBO removida por los tanques sépticos es de 34.6 g/persona/día

Cuadro D-5: Cantidad Estimada de DBO Removida por los Tanques Sépticos

Municipio	Población con sistema de alcantarillado y saneamiento	Población sin sistema de alcantarillado y saneamiento	Población con Tanques Sépticos	Cantidad de DBO removida (kg/día)	Cantidad de DBO removida (ton/año)
Felipe C Puerto	519	61,184	14,684	507	185.055
Othón P Blanco	6,420	224,298	53,831	1,860	678.900
Solidaridad	6,655	80,208	19,250	665	242.725
Total	13,594	365,690	87,765	3,032	1,106.680

Cuadro D-6: Cantidad de DBO descargada Considerando el efecto de los Tanques Sépticos

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe Carrillo Puerto	Solidaridad	Total
Cantidad total de DBO descargada (ton/año)	6,376.644	1,720.648	1,911.935	10,009.227
Porcentaje	63.7%	17.2%	19.1%	100.0%
Cantidad removida por los tanques sépticos (ton/año)	678.900	185.055	242.725	1,106.680
Cantidad total de DBO descargada (ton/año)	5,697.744	1,535.593	1,669.210	8,902.547
Porcentaje	64.0%	17.2%	18.7%	100.0%

Se concluye que si el sistema de tanques sépticos trabaja como se estima en los cuadros anteriores, entonces el 17% de la cantidad de DBO generada podría ser removida a través del sistema de tanque séptico y el sistema de alcantarillado y saneamiento, $(724.280 + 1,106.680) / 10,733.407 = 0.17$.

Los contaminantes orgánicos pueden ser removidos por oxidación. En el medio ambiente de aguas superficiales, como en el río, el oxígeno es suministrado para la descomposición de contaminantes orgánicos, en otras palabras, el medio ambiente tiene una función de auto-purificación. Sin embargo, ese no sería el caso en el medio ambiente de las aguas subterráneas donde hay restricciones para el suministro de oxígeno.

En el área de estudio, las aguas residuales y los lixiviados que se infiltran hacia el subsuelo, pueden llegar a alcanzar las aguas subterráneas debido a las características geológicas del área de estudio. En el medio ambiente subterráneo, los contaminantes orgánicos contenidos en las aguas residuales y los lixiviados difícilmente se podrán descomponer a través del suministro de oxígeno debido a circunstancias antes mencionadas. Como resultado, el agua subterránea que es la única fuente de abastecimiento de agua podría llegar a contaminarse.

En consecuencia, con el fin de preservar el agua subterránea, debe establecerse un sistema de tratamiento de agentes contaminantes originados por la actividad humana, que vaya en paralelo con un sistema de monitoreo de la contaminación.

D.4.1.2 Othón P Blanco

a. Sistema Técnico

El siguiente cuadro muestra el número de población y comunidades con base en el tamaño poblacional de las mismas. Solamente Chetumal cuenta con una población mayor de 50,000 habitantes, lo cual representa hasta el 60% de la población total del municipio.

Tomando en cuenta que CAPA define a las comunidades urbanas como aquellas que cuentan con más de 2,500 habitantes, entonces la población en áreas urbanas dentro del municipio representa el 70%.

Las cargas contaminantes tales como la DBO se generan en proporción al tamaño poblacional, por lo tanto, puede decirse que la carga contaminante proveniente de las áreas urbanas representa hasta el 70% de la carga total en el municipio.

En consecuencia, el manejo de las aguas residuales domésticas en las áreas urbanas se establece como un problema prioritario a resolver.

Cuadro D-7: Distribución de la población.

		Población	Número de comunidades
Número	Más de 50,000	121,602	1
	De 49,999 a 15,000	0	0
	De 14,999 a 2,500	23,255	5
	De 2,499 a 100	59,920	95
	Menos de 100	3,387	658
	Total	208,164	759
Porcentaje	Más de 50,000	58.4%	0.1%
	De 49,999 a 15,000	0.0%	0.0%
	De 14,999 a 2,500	11.2%	0.7%
	De 2,499 a 100	28.8%	12.5%
	Menos de 100	1.6%	86.7%
	Total	100.0%	100.0%

Fuente: XII Censo INEGI 2000

a.1 Área Urbana

Chetumal es el único lugar del municipio que cuenta con un sistema fuera de sitio. La planta de tratamiento de aguas negras de Chetumal tiene una capacidad de 137 litros/seg (11,837m³/día), sin embargo, su flujo actual es de 20.48 litros/seg (1,770 m³/día) ó 15% de su capacidad instalada.

CAPA ha construido alrededor de 8,800 pozos de conexión que conectarían el drenaje de las casas al sistema de alcantarillado. Sin embargo, se estima que las casas que actualmente tienen conexión son alrededor de 1,500, considerando el supuesto de que la cantidad de descarga de aguas residuales debe de ser de aproximadamente el 75% del abastecimiento de agua existente.

Esto se debe posiblemente a que los residentes tienen que cubrir todos los costos de conexión y la mayoría de ellos manifiestan no tener inconvenientes por continuar con el actual sistema de fosas sépticas. Como consecuencia, la conexión del drenaje doméstico hacia la tubería de aguas negras se convierte en un problema significativo y urgente de resolver para la ciudad de Chetumal.

a.2 Área Rural

En las áreas rurales del municipio de Othón P Blanco no existe un sistema de alcantarillado y saneamiento, sin embargo, CAPA comenzó a introducir el sistema de alcantarillado y saneamiento en las áreas rurales, y comenzó a trabajar con un sistema colectivo de tratamiento de aguas negras en una pequeña escala y un sistema de alcantarillado en Subteniente López al suroeste de Chetumal.

Se planea terminar el sistema en enero del 2004, sin embargo, es preocupante que el mismo problema de conexión en Chetumal se repita en estas áreas, por lo que se espera tomar contramedidas que resuelvan el problema.

El sistema de alcantarillado para Subteniente López requiere de un tanque séptico + la filtración de flujo ascendente que difícilmente necesitaría electricidad. Los parámetros de diseño están basados en la literatura existente y no en los problemas actuales, por lo que es necesario obtener los parámetros reales a través de la operación actual y establecer un modo de operación.

El sistema de alcantarillado y saneamiento antes mencionado se ha diseñado teniendo en mente comunidades que tienen cierta densidad de población. Este enfoque es el adecuado para encarar asuntos que deben de tomarse en cuenta para el manejo de las aguas residuales en el área rural, por ejemplo, definir cual es el tamaño adecuado de las comunidades para aplicar cierto tipo de sistema y qué tipo de alternativas podrían estar disponibles para aquellas comunidades más pequeñas.

b. Sistema de Manejo

Los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio de Othón P Blanco han sido financieramente deficitarios en los últimos tres años. Los déficit de los ingresos reales sobre los gastos presupuestados fueron de alrededor de 30 Millones de Pesos en el año 2000, y de alrededor de 40 Millones de Pesos en 2001 y 2002.

CAPA se encuentra en una posición privilegiada de tener la autonomía para establecer las tarifas de agua, sin depender de una autoridad regulatoria. Mejor aun, las tarifas de agua se actualizan constantemente de acuerdo al salario mínimo del Estado y al Índice Nacional de Precios al Consumidor. Las tarifas de agua en cinco categorías y detalladas sub-categorías parecen ser lo suficientemente variadas como para satisfacer las necesidades de los consumidores. La combinación de una cuota base y una cuota adicional otorga mayor flexibilidad de selección a los usuarios del servicio de agua potable.

Sin embargo, el bajo nivel de micro-medición restringe el potencial de aplicación de la tarifa progresiva. El mejoramiento de las finanzas parece estar contingente al mejoramiento técnico de la operación (micro-medición) del servicio de agua potable. El problema tan común de tarifas de agua muy rígidas no existe en este caso, y cualquier esfuerzo que facilite la aplicación de la tarifa establecida será valioso.

Con relación a los cargos por el servicio de alcantarillado, definido como el 20% de recargo sobre el consumo de agua, los datos indican que los ingresos por el servicio de alcantarillado en los sistemas de Othón P Blanco constituyeron menos del 5% de los ingresos por agua

potable, presupuestado o real, entre el 2000 y el 2002, debido a que la cobertura de alcantarillado (25% en el sistema Chetumal, 0% en el sistema Othón P Blanco) fue mucho más baja que la del agua potable (95% en el sistema Chetumal, 88% en el sistema Othón P Blanco).

Pueden haber motivos históricos-culturales-políticos, todos muy válidos, pero si existe la insuficiencia financiera de los servicios de agua potable y alcantarillado. Si existiese la voluntad política de cubrir con subsidios los déficit financieros que se acumulen, y si los recursos fuesen abundantes, todo estaría bien. Los recursos son escasos por definición. Siendo realistas, sería cada vez más difícil depender que las instancias superiores de gobierno financien todos los servicios necesarios. Los beneficiarios de los servicios tendrán que ser persuadidos a que asuman papeles cada vez más activos en la provisión y el mantenimiento de los servicios. Esto implica el pago de los costos de los servicios.

Persuadir para que los usuarios de servicios paguen el costo de los servicios sería más factible cuando los usuarios se encuentren relativamente satisfechos con el servicio. Esto implica la necesidad de mejorar los aspectos técnicos y comerciales de la operación: micro-medición, control de las fugas de agua y las conexiones ilegales, facturación sin errores mayores, esclarecimiento de la estructura de los costos de los servicios, reducción de costos, facilitar los pagos, y tener la capacidad de responder a las quejas de los consumidores. La clara comprensión de la estructura de costos es un requisito en cualquier esfuerzo de reducir costos, además de ser necesaria en los casos en que se analicen las opciones de concesión o privatización de los servicios. Puede facilitarse el progreso en cualquiera de estos aspectos cuando se introduzca la práctica de monitorear constantemente algunos indicadores de desempeño.

Afortunadamente, la oficina principal de CAPA tiene planes de realizar la instalación completa de la micro-medición en un plazo de dos años, ya que sus análisis demostraron que el costo de la instalación de micro-medidores podría ser recuperado en dos años. CAPA ofrece múltiples posibilidades de lugares de pago, incluyendo supermercados, y esto puede estar reflejado en la alta tasa de recaudación sobre facturación registrada por CAPA. Sería importante la logística y la administración de una facturación creciente, así como también los esfuerzos para mantener alta la recaudación cuando aumente la facturación de CAPA. La recaudación general de CAPA se estima en 97% de la facturación, con solamente el 3% de morosidad, estimándose que el 70% de la facturación se paga dentro del mismo mes de la facturación. Además, una lista de indicadores de desempeño se encuentra bajo consideración del personal directivo de CAPA.

En resumen, el mejoramiento de las finanzas es un aspecto importante que sería el resultado de una serie de acciones. Por una parte, la operación del servicio de agua potable debería ser mejorada para posibilitar la aplicación de las tarifas existentes a través de la micro-medición, reducir las fugas de agua y mejorar la calidad del agua. Estos esfuerzos deberían ser monitoreados a través de unos indicadores de desempeño. Por otra parte, se necesitará prestar una atención constante a la disposición a pagar de los usuarios del servicio.

c. Educación Ambiental y Participación Comunitaria

En el municipio de Othón P Blanco, la educación ambiental es dada de manera independiente por varias instituciones como SEDUMA, CAPA, el Ayuntamiento de Othón P Blanco, entre otros. En la educación formal, empezando desde el pre-escolar, se imparten aspectos ambientales a los niños y a los adolescentes. En la educación superior, programas directamente o indirectamente relacionados al ambiente se ofrecen en universidades. En los programas educativos escolares se incluyen aspectos ambientales generales en la materia de Ciencias Naturales, pero 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 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.

Para lograr el objetivo mencionado y en vista de que el ambiente afecta a todos, se propone aunar los esfuerzos individuales a través del trabajo en conjunto, es decir a través del trabajo en equipo (SEMARNAT, SEDUMA, CAPA, el Municipio, ONG, etc.) para diseminar los conocimientos a través de prácticas concretas con la participación de la comunidad comenzando con escolares y comunidades en general.

D.4.1.3 Felipe C Puerto

a. Sistema Técnico.

El cuadro de abajo muestra el número de comunidades y población, clasificadas de acuerdo a su magnitud.

En el municipio de Felipe Carrillo Puerto no existen ciudades con más de 50,000 habitantes. La ciudad más grande es Felipe Carrillo Puerto y su población representa arriba del 30% de la población total del municipio. De acuerdo con la definición de comunidades urbanas que usa CAPA (aquellas que cuentan con más de 2,500 habitantes), la población de las áreas urbanas alcanza cerca del 44% del total. Además, la carga contaminante (por ejemplo, la DBO) ocurre en proporción al tamaño poblacional; por lo tanto, la carga contaminante de las áreas rurales puede representar aproximadamente un 66% del total de la carga contaminante en el

municipio, debe señalarse de manera especial, que la carga contaminante de las comunidades que tienen entre 100 y 2,500 habitantes podría representar la proporción más alta con 52%.

En consecuencia, se tiene que enfrentar el manejo de las aguas residuales domésticas no sólo en las áreas urbanas, sino que también en las comunidades con población entre 100 y 2,500 habitantes.

Cuadro D-8: Distribución de la población

Aspecto		Habitantes	Número de comunidades
Número	Más de 50,000	0	0
	De 49,999 a 15,000	18,545	1
	De 14,999 a 2,500	8,163	2
	De 2,499 a 100	31,548	60
	Menos de 100	2,109	150
	Total	60,365	213
Porcentaje	Más de 50,000	0.0%	0.0%
	De 49,999 a 15,000	30.7%	0.5%
	De 14,999 a 2,500	13.5%	0.9%
	De 2,499 a 100	52.3%	28.2%
	Menos de 100	3.5%	70.4%
	Total	100.0%	100.0%

Fuente: XII Censo INEGI 2000

a.1 Área Urbana

Existe un sistema compuesto por una planta de tratamiento fuera de la localidad y de alcantarillado 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.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Felipe Carrillo Puerto tiene la capacidad de tratar hasta 5 litros/segundo (432m³/día) de aguas residuales, sin embargo, el flujo actual es de 1.34 litros/segundo (116m³/día) lo cual representa sólo el 27% de su capacidad.

Por lo tanto, 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.

a.2 Area Rural

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.

CAPA comenzó a introducir un sistema colectivo de saneamiento y alcantarillado en tres comunidades rurales del área de estudio. Se planea que, al menos uno de los sistemas, se complete en enero del 2004. Durante la implementación y operación de dichos sistemas, es recomendable definir los problemas que se presentan, ejecutar las mejoras necesarias y establecer una manera adecuada de operación.

El sistema de alcantarillado ya mencionado, se ha diseñado teniendo en mente comunidades que tienen cierta densidad de población. Este enfoque es el adecuado para encarar asuntos que deben de tomarse en cuenta para el manejo de las aguas residuales en el área rural, por ejemplo, definir cual es el tamaño adecuado de las comunidades para aplicar cierto tipo de sistema y qué tipo de alternativas podrían estar disponibles para aquellas comunidades más pequeñas.

b. Sistema de Manejo

El servicio de agua potable en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto ha sido financieramente deficitario en los últimos tres años. El déficit de los ingresos reales sobre los egresos presupuestados fueron de alrededor de 6.59 Millones de Pesos en el año 2000, 9.53 Millones de Pesos en el 2001 y 8.07 Millones de Pesos en el 2002. La cobertura de los servicios fue estimada en 87% de agua potable y 1% de alcantarillado, pero no hubo ingresos por el servicio de alcantarillado.

CAPA se encuentra en una posición privilegiada de tener la autonomía para establecer las tarifas de agua, sin depender de una autoridad regulatoria. Mejor aun, las tarifas de agua se actualizan constantemente de acuerdo al salario mínimo del Estado y al Índice Nacional de Precios al Consumidor. Las tarifas de agua en cinco categorías y detalladas sub-categorías parecen ser lo suficientemente variadas como para satisfacer las necesidades de los consumidores. La combinación de una cuota base y una cuota adicional otorga mayor flexibilidad de selección a los usuarios del servicio de agua potable.

Sin embargo, el bajo nivel de micro-medición restringe el potencial de aplicación de la tarifa progresiva. El mejoramiento de las finanzas parece estar contingente al mejoramiento técnico de la operación (micro-medición) del servicio de agua potable. El problema tan común de tarifas de agua muy rígidas no existe en este caso, y cualquier esfuerzo que facilite la aplicación de la tarifa establecida será valioso.

Pueden haber motivos históricos-culturales-políticos, todos muy valederos, por la insuficiencia financiera de los servicios de agua potable y alcantarillado, pero si existiese la voluntad política de cubrir con subsidios los déficit financieros que se acumulen, y si los recursos fuesen abundantes, todo estaría bien. En el 2002 se observó una disminución

inesperada de los fondos federales, lo cual ocasionó un desequilibrio en la ejecución presupuestaria. Los recursos son escasos por definición. Siendo realistas, sería cada vez más difícil depender que las instancias superiores de gobierno financien todos los servicios necesarios. Los beneficiarios de los servicios tendrán que ser persuadidos a que asuman papeles cada vez más activos en la provisión y el mantenimiento de los servicios. Esto implica el pago de los costos de los servicios.

Persuadir que los usuarios de servicios paguen el costo de los servicios sería más factible cuando los usuarios se encuentren relativamente satisfechos con el servicio. Esto implica la necesidad de mejorar los aspectos técnicos y comerciales: micro-medición, control de las fugas de agua y las conexiones ilegales, facturación sin errores mayores, esclarecimiento de la estructura de los costos de los servicios, reducción de costos, facilitar los pagos, y tener la capacidad de responder a las quejas de los consumidores. La clara comprensión de la estructura de costos es un requisito en cualquier esfuerzo de reducir costos, además de ser necesaria en los casos en que se analicen las opciones de concesión o privatización de los servicios. Puede facilitarse el progreso en cualquiera de estos aspectos cuando se introduzca la práctica de monitorear constantemente algunos indicadores de desempeño.

Afortunadamente, la oficina principal de CAPA tiene planes de completar la micro-medición en un plazo de dos años, ya que sus análisis demostraron que el costo de la instalación de micro-medidores podría ser recuperado en dos años. CAPA ofrece múltiples posibilidades de lugares de pago, incluyendo supermercados, y esto puede estar reflejado en la alta tasa de recaudación sobre facturación registrada por CAPA. Sería importante la logística y la administración de una facturación creciente, así como también los esfuerzos para mantener alta la recaudación cuando aumente la facturación de CAPA. La recaudación general de CAPA se estima en 97% de la facturación, con solamente el 3% de morosidad, estimándose que el 70% de la facturación se paga dentro del mismo mes de la facturación. Además, una lista de indicadores de desempeño se encuentra bajo consideración del personal directivo de CAPA.

En resumen, el mejoramiento de las finanzas es un aspecto importante que sería el resultado de una serie de acciones. Por una parte, la operación del servicio de agua potable debe ser mejorado para posibilitar la aplicación de las tarifas existentes a través de la micro-medición, reducir las fugas de agua y mejorar la calidad del agua. Estos esfuerzos deberían ser monitoreados a través de unos indicadores de desempeño. Por otra parte, se necesitará prestar una atención constante a la disposición a pagar de los usuarios del servicio.

c. Environmental Education and Public Participation

En el 2002, la CAPA llevó a cabo programas para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales. En este programa se contempló la participación comunitaria orientada a la sensibilización y capacitación de los usuarios en prácticas apropiadas y seguras para el uso higiénico del agua, saneamiento básico, la operación y conservación de los recursos hídricos y de la infraestructura. El proceso de concientización consistió en la implementación de pláticas con los adultos y escolares sobre la importancia, cuidado del agua y saneamiento, apoyándose con material didáctico consistente en laminas ilustrativas y proyección de videos.

Según informaciones del municipio de Felipe Carrillo Puerto se han llevado a cabo programas de letrización en algunas comunidades, pero por problemas de adaptación, mal manejo y mantenimiento de las letrinas, se efectúa todavía la defecación al aire libre. Los focos de infección y contaminación por defecaciones al aire libre y en letrinas ubicadas incorrectamente, así como animales en las zonas urbanas son las principales causas de enfermedades gastrointestinales.

D.4.1.4 Solidaridad

a. Sistema Técnico

El cuadro de abajo muestra el número de comunidades y población, con respecto al tamaño poblacional. Solamente Playa del Carmen cuenta con una población mayor a 15,000 habitantes, lo cual representa alrededor del 68% del total de la población del municipio. Tomando en cuenta la definición de CAPA sobre comunidades urbanas (aquellas comunidades que tienen más de 2,500 habitantes), la población urbana del municipio representa un 80% y como el total de descarga contaminante (DBO) es proporcional al tamaño poblacional, se puede decir que 80% de la descarga contaminante del municipio proviene del área urbana.

La ciudad de Solidaridad cuenta con centros turísticos como Tulum, Akumal y Playa del Carmen a lo largo de la Riviera Maya, los cuales atraen alrededor de 1.5 millones de turistas cada año. La mayoría de los turistas permanecen en Playa del Carmen, por lo que ésta ciudad es la que tiene mayor descarga contaminante en el municipio debido a su población residente y al turismo.

Como consecuencia, el manejo de las aguas residuales de Playa del Carmen es el principal problema a resolver.

Cuadro D-9: Distribución de la Población

Aspecto		Habitantes	Número de comunidades
Número	Más de 50,000	0	0
	De 49,999 a 15,000	43,613	1
	De 14,999 a 2,500	6,733	1
	De 2,499 a 100	11,593	19
	Menos de 100	1,813	263
	Total	63,752	284
Porcentaje	Más de 50,000	0.0%	0.0%
	De 49,999 a 15,000	68.4%	0.4%
	De 14,999 a 2,500	10.6%	0.4%
	De 2,499 a 100	18.2%	6.7%
	Menos de 100	2.8%	92.6%
	Total	100.0%	100.1%

Fuente : XII Censo INEGI 2000

a.1 Area Urban

Solamente Playa del Carmen cuenta con un sistema fuera de sitio. La planta de tratamiento de aguas residuales tiene la capacidad de 65 litros/seg (m³/día) y el flujo actual es de 64.21 litros/seg (5,616m³/día) lo cual casi alcanza el índice de capacidad. Además de la planta de tratamiento, existe un tipo de planta de tratamiento para sedimentos y tanques sépticos para las instalaciones turísticas del sector privado.

CAPA ha construido al rededor de 1,800 hoyos para conexión, los cuales conectan el sistema de alcantarillado de las casas. Con base en el número de hoyos de conexión, se puede estimar que alrededor de 6,700 residentes cuentan con el sistema y que la cantidad unitaria de descarga de aguas residuales es de 834 litros/persona/día, mientras que la cantidad unitaria de abastecimiento de agua es de 322 litros/persona/día, lo cual sobrepasa la cantidad de descarga de aguas residuales. Esto puede deberse al desarrollo de pozos de extracción en las instalaciones turísticas.

En contraste con Chetumal (en donde los residentes se muestran reacios a conectar el drenaje de sus casas al sistema de pipas y donde el flujo actual es completamente más bajo que el índice de capacidad de la planta) en Playa del Carmen el flujo actual casi alcanza el índice de capacidad de la planta y resulta urgente construir o expandir la planta de tratamiento de aguas negras. Con el fin de resolver esta situación, CAPA tiene un plan para construir una planta con capacidad de 360 litros/seg (31,110m³/día).

a.2 Area Rural

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 las instalaciones de un sistema de tratamiento de aguas negras a escala pequeña y

colectiva y con un sistema de alcantarillado en Puerto Aventuras y Akumal en la Riviera Maya.

El sistema de tratamiento de aguas residuales planeado es el mismo para Subteniente López y Othón P Blanco, el cual utiliza tanques sépticos + un flujo ascendente de filtración que difícilmente necesita energía. 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.

El sistema de alcantarillado mencionado arriba fue diseñado para comunidades con cierta densidad de población, dicha situación debe de considerarse para el manejo de las aguas residuales en las áreas rurales: cuál es el tamaño adecuado de las comunidades para aplicar el sistema, qué tipo de alternativas están disponibles para aquellas comunidades más pequeñas.

b. Management System

Los servicios de agua potable y alcantarillado en el Municipio de Solidaridad presentaron resultados financieros positivos en los últimos tres años, 42.26 Millones de Pesos en el año 2000, 38.53 Millones de Pesos en el 2001 y 74.56 Millones de Pesos en el 2002. Los resultados financieros positivos fueron obtenidos a pesar la cobertura relativamente baja del servicio de agua potable estimada en 43%, aunque la cobertura del servicio de alcantarillado fue relativamente alta al estimarse en 15%. Aun así, los ingresos por los servicios de alcantarillado fueron de apenas 2.3-5.6% de los ingresos por el servicio de agua potable.

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. Podría ser interesante determinar el consumo de agua de estos hoteles frente a la contribución a los ingresos de CAPA Solidaridad. Se presume que los hoteles son grandes contribuyentes a los ingresos, si se considera el volumen relativo de agua consumida, por lo cual ameritarían una atención especial acorde con su importancia.

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 en forma constante. Esto incluiría los esfuerzos tendientes a mejorar los aspectos técnicos y comerciales de la operación: micro-medición, control de las fugas de agua y las conexiones ilegales, facturación sin errores mayores, esclarecimiento de la estructura de los costos de los servicios, reducción de costos, facilitar los pagos, y tener la capacidad de responder a las quejas de los consumidores. La clara comprensión de la estructura de costos es un requisito en cualquier

esfuerzo de reducir costos, además de ser necesaria en los casos en que se analicen las opciones de concesión o privatización de los servicios. Puede facilitarse el progreso en cualquiera de estos aspectos cuando se introduzca la práctica de monitorear constantemente algunos indicadores de desempeño.

La oficina principal de CAPA tiene planes de completar la instalación de micro-medidores dentro de los próximos dos años, alentados por los resultados de sus análisis que indicaron que los costos de la instalación de los micro-medidores serían recuperados en dos años. Como la cobertura del servicio de agua potable en Solidaridad se estima en 43%, la expansión del servicio puede ser realizada ya con la instalación de los micro-medidores. CAPA ofrece múltiples posibilidades de lugares de pago, incluyendo supermercados, y esto puede estar reflejado en la alta tasa de recaudación sobre facturación registrada por CAPA. Sería importante la logística y la administración de una facturación creciente, así como también los esfuerzos para mantener alta la recaudación cuando aumente la facturación de CAPA. La recaudación general de CAPA se estima en 97% de la facturación, con solamente el 3% de morosidad, estimándose que el 70% de la facturación se paga dentro del mismo mes de la facturación. Además, una lista de indicadores de desempeño se encuentra bajo consideración del personal directivo de CAPA.

En resumen, lo importante es el mantenimiento de las buenas finanzas. Por una parte, para continuar mejorando la aplicación de las tarifas de agua, sería importante aumentar la micro-medición estimada actualmente en 56%, además de prestar el cuidado debido a las fugas de agua, y al mejoramiento de la calidad de agua. Estos esfuerzos podrían ser monitoreados a través de unos indicadores de desempeño. Por otra parte, con el fin de mejorar la disposición a pagar de los usuarios, la provisión de informaciones sobre costos y calidad de agua podría ser fructífera.

c. Environmental Education and Public Participation

Al igual que en Felipe Carrillo Puerto, la CAPA llevó a cabo programas para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales, cuyo programa contempla la participación comunitaria orientada a la sensibilización y capacitación de los usuarios en prácticas apropiadas y seguras para el uso higiénico del agua, saneamiento básico, la operación y conservación de los recursos hídricos y de la infraestructura. El proceso de concientización consiste en la implementación de pláticas con los adultos y escolares sobre la importancia, cuidado del agua y saneamiento, apoyándose con material didáctico consistente en laminas ilustrativas y proyección de videos.

En este aspecto, es importante impulsar la participación de los usuarios y la sociedad, en el manejo del agua, el control y tratamiento de las aguas residuales y fomentar la cultura de su buen uso en coordinación con el municipio y demás instituciones relacionadas.

D.4.2 Manejo de Residuos Sólidos

D.4.2.1 Visión del Área de Estudio

a. Visión del Manejo de los Residuos Sólidos en el Área de Estudio

El Cuadro D-10 presenta un resumen de la información acerca del manejo de residuos sólidos dentro del área de estudio. Como es posible ver por el tamaño de la población y la cantidad de residuos, la escala de manejo de residuos sólidos en Felipe Carrillo Puerto es muy pequeña en comparación con Othón P Blanco y con Solidaridad. Othón P Blanco y Solidaridad sirven casi al mismo número de habitantes y generan cantidades similares de desperdicios, pero sus características son muy diferentes. Los residuos de Othón P Blanco provienen principalmente de los residentes, mientras que un gran volumen de los que provienen de Solidaridad es generado por los hoteles y por actividades comerciales de la zona, además de la que aportan los residentes, por lo que debe mantenerse a la par con el rápido desarrollo de la actividad turística.

Cuadro D-10: Visión del Manejo de Residuos Sólidos Dentro del Área de Estudio

Aspectos	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Población con Servicio(Recolección)			
Población Urbana	175,000	28,500	134,000
Población con servicio	110,000	9,000	113,000
2. Área Servida(Recolección)			
Área Servida	Ciudad Chetumal y varios pueblos pequeños	Ciudad de Felipe C Puerto	Playa del Carmen y varios pueblos pequeños
3. Recolección			
Cantidad Recolectada (ton/día)	120	9	130
Frecuencia de Recolección (veces/semana)	Residentes: 3 Comerciales: 7	Residentes: 2 a 3 Comerciales: 7	Varios dependen de las características del área
Turnos de recolección (veces/día)	2	Residenciales: 1 zona centro: 2	2
Método de recolección	Principalmente de puerta a puerta	Principalmente de puerta a puerta	Varios
4. Barrido de Calles			
Área servida	Avenidas principales y zona centro de la ciudad de Chetumal	Avenidas principales y zona centro de la ciudad de FCP	Avenidas principales y zona centro de Playa del Carmen
Método de Barrido	Manual y mecánico	Manual	Mecánico
5. Disposición Final			
Cantidad de desecho (ton/día)	120	9	130
Sitio del Relleno	Calderitas	FCP	Playa del Carmen
Método de Relleno	Menos controlado tiradero a cielo abierto	Sin control tiradero a cielo abierto	Sitio de disposición Controlado, sin relleno sanitario
Área	15 has.	N.A.	10 has.
Tiempo esperado de vida (años)	2 años	NA	7 a 8 años
6 Participación privada			
Participación privada	Un proveedor privado trabaja en Mahahual	Dos proveedores privados trabajan en FCP	Una compañía privada tiene un contrato con el municipio al igual que algunos particulares

b. Sistema institucional

Los municipios están obligados al manejo de sus desechos sólidos, lo anterior esta consagrado en leyes y reglamentos de los tres niveles de gobierno: federal, estatal y municipal. Este marco legal, debe ser tomado en consideración.

Es común que el manejo de residuos sólidos sea complicado, debido a que, se deben cumplir varios requisitos, los cuales tiene como objetivo la preservación del ambiente y la restauración de los recursos, como por ejemplo: el relleno sanitario y actividades de reciclaje. Por lo tanto, las compañías que brindan este servicio deben contar con la suficiente capacidad para cumplir con estos requisitos. De cualquier forma, los municipios dentro del área de estudio no tienen la suficiente capacidad por lo que necesitan ser fortalecidos.

Existe un marco de trabajo dentro del cual el gobierno del estado apoya a los municipios. SEDUMA esta a cargo de esta tarea en el aspecto técnico, no se puede decir que el marco de trabajo este funcionando adecuadamente, de cualquier forma, la simple existencia de éste deber ser tomada en consideración. Podría tratarse de algún tipo de capital social, el que aliente la comunicación entre ellos y fortalezca la capacidad para el manejo de residuos sólidos de cada municipio.

Así mismo, el marco de trabajo arriba mencionado, establece comunicación entre los municipios y los pueblos pequeños que se encuentran dentro de su demarcación territorial en lo referente a manejo de desechos sólidos. Aunque la comunicación parece ser poco efectiva, debido a la falta de recursos, su existencia debiera ser tomada en cuenta debido a que representa una base para fortalecer el manejo de residuos sólidos dentro de los municipios.

Como se menciono anteriormente, el manejo de residuos sólidos se vuelve cada vez mas complicado y, requiere de compañías que cuenten con gran capacidad, tanto para su manejo, como en lo que a financiamiento se refiere. Bajo la estructura legal del país, los municipios no tienen acceso a recursos bilaterales o multilaterales que provengan del gobierno federal, sino que es, a través del gobierno estatal como les llegan estos recursos. Es por ello, que es indispensable establecer un marco de trabajo en el cual se fortalezca la comunicación entre el gobierno estatal y el municipal, para que, mediante el trabajo conjunto sea posible conseguir el financiamiento requerido.

c. Proyecto para el Nuevo Relleno

En general, las ciudades capitales de los municipios se mantienen limpias, y los pueblos pequeños no presentan deterioro debido a los tiraderos clandestinos. De cualquier forma, los municipios tienen problemas con la disposición final. Por esto, SEDUMA esta llevando a cabo proyectos para la construcción de nuevos rellenos sanitarios en Chetumal, Felipe Carrillo Puerto y Tulúm. En Julio de 2003, serán sometidos a la consideración de la SEDUMA los planos y la evaluación de impacto ambiental de los proyectos.

De acuerdo con información reciente, un proyecto de relleno en Chetumal seria preferible para el municipio. De cualquier forma, seria difícil realizar otro proyecto. Felipe Carrillo Puerto ha señalado que el alto costo de operación del relleno no le permitiría al municipio su financiamiento. En Tulúm, hay la probabilidad de la existencia de un importante acuífero al rededor del área del proyecto.

Es por ello que es necesario reconsiderar cuidadosamente los proyectos de Felipe Carrillo Puerto y de Tulúm. Además de reconsiderar los proyectos, es pertinente mencionar que ningún de éstos considera el mejoramiento de la forma en que operan actualmente, su

clausura o buscar alguna solución para el abandono existente en los tiraderos. Esos son aspectos importantes a considerar al momento de realizar un relleno sanitario en el área de estudio ya que es muy difícil pasar del fondo a la cúspide de un solo brinco tanto técnica como financieramente.

D.4.2.2 Othón P Blanco

a. Sistema Técnico

De acuerdo con información obtenida recientemente, Chetumal y algunas comunidades aledañas cuentan con el servicio de recolección de desechos sólidos. El servicio esta enfocado especialmente a la ciudad de Chetumal, esto es razonable, debido a su extensión territorial y a su densidad poblacional. Se dice que el servicio de recolección cubre el 90 % de la población de la ciudad. La cobertura real no parece estar lejos de esta cifra ya que la ciudad se mantiene limpia aunque en algunas partes se acumulan los desechos, Esto debe ser valorado y continuado en el futuro.

La recolección de desechos se realiza en forma adecuada, pero de cualquier forma, existen hechos que ponen en riesgo su continuidad, como por ejemplo: el diseño inadecuado de las rutas de recolección, dan una carga de trabajo excesiva a los vehículos, evitando con ello que reciban el mantenimiento apropiado y los tiempos de espera tan largos para conseguir una refacción, ocasionan que los vehículos permanezcan fuera de servicio por mucho tiempo, con lo que se pierden recursos económicos. La situación anterior podría mejorarse mediante la introducción del concepto de servicio de calidad, el servicio seria prestado en forma efectiva y eficiente. En los lugares donde sea posible la prestación del servicio en forma adecuada con pocos recursos, es recomendable que se establezcan indicadores de operación dentro del sistema.

El barrido de las calles es importante, ya que éste, mantiene la buena imagen de la ciudad, esta operación es llevada acabo en la ciudad de Chetumal en forma eficiente, lo cual debería ser apreciado.

El sitio de disposición actual, se encuentra localizado en Calderitas, éste recibe principalmente residuos de la ciudad de Chetumal, pero también, de comunidades vecinas. Los registros del municipio muestran que el sitio recibe cerca de 9,000 toneladas de residuos al mes, esto equivale a cerca de 300 ton/día. De cualquier manera, se estima que, la cantidad de desechos es de 120 ton/día, la diferencia se deriva de la forma actual de medir los desperdicios, por ejemplo: el multiplicar la capacidad volumétrica del vehículo de transporte por el número de viajes que da hacia el sitio. El conocer la cantidad correcta de desechos es fundamental, no solo para la plantación de la forma en que se va a operar, sino que también

para poder controlar los costos de operación. Las cantidades de desechos deben ser registradas correctamente.

El sitio de disposición en Calderitas representa un severo riesgo para la salud y para el ambiente, proliferan insectos y de fauna nociva, fuego y lixiviados, etc., se dice que este sitio, inicialmente fue operado como una especie de relleno sanitario, luego la operación se deterioró y se convirtió en un tiradero abierto, esta situación debe ser remediada. Es por eso que es de suma importancia el hacer una revisión de las causas que llevaron al relleno sanitario a convertirse en lo que actualmente es.

Existen botaderos a cielo abierto en comunidades pequeñas como la de Bacalar, aunque el grado de impacto sobre la salud y sobre el ambiente en estos lugares no es tan grave en comparación con el de Calderitas, pero posiblemente se convierta en un problema conforme se vayan desarrollando estas localidades. Un firme manejo de residuos sólidos, que incluya un apropiado sistema de disposición final debe ser establecido en comunidades pequeñas.

No se cuenta en el municipio con un tratamiento intermedio o un firme sistema de reciclaje, pero el ayuntamiento ha mostrado su interés por el composteo. El reciclaje incluyendo el composteo es una buena manera de alentar la conservación de los recursos. De cualquier forma estos sistemas deberán ser implementados basándose en la capacidad financiera para el sostenimiento de su operación.

Además de los problemas ya existentes en lo que a manejo de residuos sólidos se refiere, nuevos problemas aparecerán en Costa Maya en un futuro cercano, debido al gran desarrollo turístico que se espera. Es necesario establecer un sistema de manejo de residuos sólidos con la participación del sector turismo, lo anterior, con la finalidad de poder ir a la par con la demanda derivada del desarrollo.

b. Sistema de Manejo

El aspecto importante es el déficit financiero del servicio de residuos sólidos. Se ha mencionado ya que los ingresos por el servicio de residuos sólidos en el Municipio de Othón P Blanco constituyeron solamente el 8% de los costos del servicio en el año 2002.

El pago por el servicio de residuos sólidos puede tener una baja prioridad entre los usuarios del servicio, debido a que todos tienen la opción de disposición propia de las basuras, ya sea enterrándolas en el patio o botándolas ilegalmente. Puede ser alta la necesidad de mejorar la conciencia pública sobre los daños ambientales causados por el manejo inapropiado de los residuos sólidos, pero el mejoramiento de la conciencia pública puede simultáneamente conllevar a una mejor disposición a pagar por los servicios de residuos sólidos.

El servicio de residuos sólidos es uno de los tantos servicios/actividades municipales que se manejan en forma conjunta desde el punto de vista de los ingresos y egresos, por lo cual se debe otorgar la importancia debida al esclarecimiento de los ingresos y costos específicos del servicio de residuos sólidos. La operación y el manejo del servicio de residuos sólidos en forma correcta requiere de recursos financieros considerables, por lo cual la autosuficiencia financiera del servicio podría constituirse en una meta valedera.

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 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.

c. Educación Ambiental y Participación Pública

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, ONG (Amigos de Sian Ka'an), entre otros. En la educación formal, empezando desde el pre-escolar, se imparten aspectos ambientales a los niños y a los adolescentes. En la educación superior, programas directamente o indirectamente relacionados al ambiente se ofrecen en universidades. En los programas educativos escolares se incluyen aspectos ambientales generales en la materia de Ciencias Naturales, pero son pocos los programas dirigidos específicamente al manejo de los residuos sólidos con el objetivo de preservar el ambiente. En algunas escuelas se llevan a cabo actividades de reciclaje y plantación de árboles. Sin embargo, este tipo de acciones todavía se realizan en pequeña escala y son pocos los ejemplos. 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 MRS y el modesto conocimiento del público en aspectos ambientales.

Para lograr el objetivo mencionado y en vista de que el ambiente afecta a todos, se propone aunar los esfuerzos individuales a través del trabajo en conjunto, es decir a través del trabajo en equipo (SEMARNAT, SEDUMA, CAPA, el Municipio, ONG, etc.) para diseminar los conocimientos a través de prácticas concretas con la participación de la comunidad comenzando con escolares y comunidades en general.

D.4.2.3 Felipe C Puerto

a. Sistema Técnico

De acuerdo con información reciente, el servicio de recolección de desechos sólidos únicamente se proporciona a la ciudad de Felipe C Puerto. El 50 % de los residentes cuentan con este servicio. Esta es una cobertura muy baja para una ciudad. El porcentaje de cobertura indica que es posible encontrar tiraderos clandestinos en varios sitios de la ciudad. Es necesario ampliar la cobertura de este servicio.

Los registros del ayuntamiento muestran que cerca de 30 toneladas de desperdicios son recolectadas y desechadas diariamente. De cualquier forma, se estima que se recolectan y desechan alrededor de 10 toneladas al día. Este mal entendido conlleva a una deficiente planeación y operación del servicio. Es indispensable realizar un registro correcto de las cantidades de desechos.

El mal estado de los vehículos de recolección hace difícil la prestación de un servicio adecuado. Los vehículos deben recibir mantenimiento periódico y ser renovados con la finalidad de prestar un servicio eficiente.

El sitio de disposición actual es un tiradero a cielo abierto el cual no cuenta con control alguno, lo que ocasiona malos olores, proliferación de insectos, fauna nociva, fuego, contaminación del aire, contaminación de las aguas subterráneas, etc. El lugar debe mejorarse inmediatamente, la falta de capacidad por parte del municipio debe ser tomada en consideración.

Los residuos que se generan en el hospital, son recolectados por separado, pero de cualquier manera, van a dar al mismo lugar de disposición final junto con los desechos ordinarios. Con el objetivo de minimizar la propagación de enfermedades, los residuos del hospital deben ser manejados en forma cuidadosa y, la disposición final deberá realizarse en un lugar distinto al de los desechos ordinarios.

b. Sistema de Manejo

El aspecto importante es el déficit financiero del servicio de residuos sólidos. Se ha mencionado que el servicio de residuos sólidos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto se provee libre de cargos. No se ha establecido ninguna tarifa como derechos por el servicio de residuos sólidos, pero al parecer las autoridades municipales están comenzando a reconocer la necesidad de tales cargos.

El pago por el servicio de residuos sólidos puede tener una baja prioridad entre los usuarios del servicio, debido a que todos tienen la opción de disposición propia de las basuras, ya sea

enterrándolas en el patio o botándolas ilegalmente. Puede ser alta la necesidad de mejorar la conciencia pública sobre los daños ambientales causados por el manejo inapropiado de los residuos sólidos, pero el mejoramiento de la conciencia pública puede simultáneamente conllevar a una mejor disposición de pagar por los servicios de residuos sólidos.

El servicio de residuos sólidos es uno de los tantos servicios/actividades municipales que se manejan en forma conjunta desde el punto de vista de los ingresos y egresos, por lo cual se debe otorgar la importancia debida al esclarecimiento de los ingresos y costos específicos del servicio de residuos sólidos. La operación y el manejo del servicio de residuos sólidos en forma correcta requiere de recursos financieros considerables, por lo cual la autosuficiencia financiera del servicio podría constituirse en una meta valedera.

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 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.

c. Educación Ambiental y Participación Pública

Son pocas las actividades de educación ambiental sobre el manejo de los residuos sólidos desarrolladas en Felipe Carrillo Puerto.

En todo el municipio se han llevado a cabo actividades de saneamiento básico como limpieza de áreas y de chatarras, fundamentalmente con el esfuerzo propio del Ayuntamiento sin la participación efectiva de la población. Sin embargo, en muchos lugares de la periferia de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto se observan residuos livianos como bolsas y botellas plásticas esparcidas en las calles y áreas baldías. Esta situación es el resultado de la poca participación de la población en el MRS y el modesto conocimiento del público en aspectos ambientales.

D.4.2.4 Solidaridad

a. Sistema Técnico

De acuerdo con la información obtenida recientemente, cerca de 110,000 residentes cuentan con el servicio de recolección. Además de los residentes, la industria turística debe generar una cantidad importante de desechos en el municipio. Un total de cerca de 130 ton / día de

residuos es recolectado y desechado. La cobertura que se tiene es del 85 % lo cual debe ser apreciado en un municipio que experimenta un rápido crecimiento en su número de habitantes, a la par con el desarrollo turístico.

La recolección es llevada a cabo por una empresa privada, ésta cuenta con un contrato del municipio para la prestación del servicio de recolección y disposición de residuos sólidos. Algunos particulares también llevan acabo la recolección de residuos de los hoteles. En general no se observa acumulación de desperdicios en las calles y banquetas, lo cual debe ser reconocido.

La compañía privada controla la operación del sitio de disposición final, en este lugar se aprecia que las condiciones de sanidad y ambientales son mucho mejores que las que se observan en otros tiraderos que se encuentran dentro del área de estudio, cabe mencionar que el sitio no contaba con control alguno anteriormente, lo que impactó en forma negativa al ambiente de manera considerable. Esto debe ser tomado en consideración y como ejemplo para el mejoramiento de otros tiraderos.

En el municipio existen dos tiraderos abandonados los cuales presentan condiciones sanitarias deplorables. Estos sitios deben ser cerrados de manera apropiada inmediatamente.

En el municipio se han llevado a cabo varias actividades enfocadas hacia el reciclaje. De cualquier manera, algunas de ellas no se han podido continuar debido a factores económicos, por lo que es recomendable alentar el reciclaje para la conservación de los recursos. La viabilidad financiera debe ser tomada en cuenta para el sostenimiento de esta actividad.

b. Sistema de Manejo

Se ha mencionado que las tarifas por el servicio de residuos sólidos fueron establecidas en Enero del 2003. Sin embargo, los datos de ingresos y egresos durante los primeros cinco meses del 2003 indican que los ingresos fueron insuficientes para cubrir los egresos. Por la concesión del servicio de residuos sólidos, el Ayuntamiento tiene la obligación de pagar alrededor de 1.5 Millones de Pesos por mes, pero los ingresos entre Mayo y Junio promediaron 0.77 Millones de Pesos por mes. Se reitera que los datos correspondieron a los primeros cinco meses del año, por lo cual es de esperar que ocurra un equilibrio o un superávit al final del año.

Las tarifas del servicio de residuos sólidos establecida en Enero del 2003 parece ser lo suficiente para cubrir las necesidades de los diferentes tipos de usuarios del servicio, pero existe la posibilidad de 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 ser publicada en el Periódico Oficial, lo cual los harían renuentes a pagar y ameritarían una campaña informativa.

El pago por el servicio de residuos sólidos puede tener una baja prioridad entre los usuarios del servicio, debido a que todos tienen la opción de disposición propia de las basuras, ya sea enterrándolas en el patio o botándolas ilegalmente. Además, los turistas podrían no estar informados o no ser lo suficientemente cuidadosos, lo cual contribuiría al empeoramiento del problema de la basura, y consiguiente aumento de costo del servicio. Puede ser alta la necesidad de mejorar la conciencia pública sobre los daños ambientales causados por el manejo inapropiado de los residuos sólidos, pero el mejoramiento de la conciencia pública puede simultáneamente conllevar a una mejor disposición a pagar por los servicios de residuos sólidos.

Como los gastos del servicio de residuos sólidos se encuentran fijados por el contrato con el concesionario, lo importante es mejorar los ingresos facilitando la aplicación de las tarifas del servicio establecidas en Enero 2003.

c. Educación Ambiental y Participación Pública

Como se ha mencionado en el Capítulo 4, el Municipio de Solidaridad lleva a cabo una serie de actividades de educación ambiental, capacitación y eventos relacionados al manejo de los residuos sólidos, actividades como programa de reciclaje con la participación de escuelas y una empresa privada, limpieza de playas con la participación de estudiantes, participación de niños en la elaboración de temas relativos a un ambiente saludable, etc.

La mayor parte de las actividades fueron desarrolladas en Playa del Carmen y zonas costeras de la Riviera Maya donde no existen grandes problemas de residuos sólidos. Sin embargo, en algunas localidades se observa la presencia de residuos esparcidos muy especialmente en lotes baldíos. Esta situación indica que a pesar del esfuerzo desplegado por el municipio, requiere todavía la participación de todos los sectores de la población para la preservación del ambiente acuático que es la meta del presente estudio.

D.4.3 Manejo de Agua Subterráneas

a. Temas Generales

De conformidad con la primera investigación de campo realizada durante junio del 2003, se pueden destacar los siguientes temas sobre manejo de agua subterránea a partir de perspectivas técnicas. Estos temas no incluyen asuntos legales e institucionales.

(1) Diseño de pozos y datos de registro

En las computadoras de la CNA se lleva el inventario de pozos del Área de Estudio. Sin embargo, el diseño de los pozos registrados y los registros geológicos al momento de la construcción no está contemplado ni almacenado en inventario. Estos datos son importantes como cimiento para la generación de herramientas administradoras del agua freática, como los mapas hidrogeológicos, modelos transversales y modelos generados por computadora. De particular importancia son los datos para los pozos de inyección.

(2) Informes periódicos de extracción

Aunque el inventario cuenta con la cantidad de concesión de agua del pozo, la cantidad real de extracción e inyección no está registrada. Por lo menos una vez al año, los usuarios deben informar acerca de la cantidad real, así como la calidad de su agua.

(3) Inspecciones Regulares

Respecto al punto anterior, la CNA debe realizar una inspección regular sobre la cantidad real de agua extraída e inyección y la calidad de su agua en los pozos seleccionados por lo menos una vez al año.

(4) Pozos de monitoreo

Se construyeron recientemente pozos de monitoreo de agua freática en el área de Cancún-Tulum. Los niveles de agua y la calidad de la misma se verifican regularmente en intervalos de seis meses. No es necesario instalar en la actualidad registradores automáticos de nivel de agua y de calidad para todos los pozos; sin embargo, se deben monitorear diversos pozos seleccionados de manera automática.

b. Temas sobre Inyección

Ya que se operan muchos pozos de inyección en el Área de Estudio, el establecimiento de un estándar de inyección es un problema de vital importancia. Para establecer dicho estándar, se deben estudiar los siguientes aspectos técnicos.

(1) Profundidad de Inyección en el estrato de agua salada

El agua inyectada emigra y/o se propaga en la capa de agua salada. Se debe analizar el comportamiento del agua inyectada mediante simulación por computadora, para que se pueda estimar una profundidad de seguridad o zona de la inyección.

(2) Parámetros hidráulicos del acuífero de carbonato

Es importante conocer la profundidad de la interfaz de agua dulce/agua salada en el área de inyección. Se debe establecer un método estándar de registro de conductividad. Respecto a los parámetros del acuífero como el coeficiente de permeabilidad o la velocidad del agua subterránea, característica de almacenamiento o porosidad efectiva, densidad de fluido, temperatura, etc., todos deben ser investigados. La metodología y procedimientos para calcular los parámetros deben considerarse de manera específica, porque el área está compuesta de los acuíferos de carbonato. Existen muchas disyunciones y cavidades en los acuíferos de carbonato, por ello quizás no aplique la ley de Darcy para calcular el comportamiento del flujo del agua freática en un área local o estrecha.

(3) Diseño y bombeo de pozos, etc.

Es indispensable determinar el diseño del pozo de inyección, el material de entubado y rejilla, el método de construcción, en particular el sellado del espacio anular entre la pared del pozo de sondeo y el entubado y las especificaciones de la bomba de inyección, etcétera. Adicionalmente, se debe establecer la operación apropiada y metodologías de mantenimiento para la seguridad de los ambientes del agua subterránea.

Capítulo E

Marcos de Planeación

Contenido

Página:

E	Marcos de Planeación	E-1
E.1	Marco Social.....	E-1
E.1.1	Desarrollo Futuro.....	E-1
E.1.2	Población Futura.....	E-1
E.2	Estructura Económica.....	E-6
E.2.1	Crecimiento Económico	E-6
E.2.2	Estructura Industrial	E-9
E.3	Cantidad Proyectada de Aguas Residuales y Calidad	E-11
E.3.1	Porcentaje de Generación de Aguas Residuales	E-11
E.3.2	Cantidad de Aguas Residuales	E-11
E.3.3	Calidad Proyectada de las Aguas Residuales	E-12
E.4	Cantidad Proyectada de Residuos y su Composición.....	E-13
E.4.1	Suposiciones.....	E-13
E.4.2	Tasa de Generación de Residuos.....	E-13
E.4.3	Composición de Residuos	E-16
E.4.4	Densidad.....	E-18
E.4.5	Cantidad de Residuos	E-18
E.4.6	Cantidad Proyectada de Residuos.....	E-20

Listado de Cuadros

Página:

Cuadro E-1: Proyección de Población	E-1
Cuadro E-2: Número de turistas (proyección)	E-2
Cuadro E-3: Número de turistas en Othón P Blanco (proyección)	E-2
Cuadro E-4: Planeación del número de turistas en Costa Maya	E-2
Cuadro E-5: Número de Turistas (en la actualidad).....	E-3
Cuadro E-6: Número de Turistas por Cuarto	E-3
Cuadro E-7: Número de Cuartos de Hotel (proyección).....	E-3
Cuadro E-8: Número de Turistas (proyección).....	E-3
Cuadro E-9: Número de turistas en Playa del Carmen, Aventuras – Akumal y Tulum para Planeación	E-3
Cuadro E-10: Número Acumulativo de Turistas por Año	E-4
Cuadro E-11: Número adicional de turistas por día.....	E-4
Cuadro E-12: Proyección de Población Económicamente Activa	E-5
Cuadro E-13: Tasas Proyectadas de Crecimiento Poblacional	E-6
Cuadro E-14: Proyección de Crecimiento Económico	E-8
Cuadro E-15: Estructura Industrial Asumida Según Distribución de PEA.....	E-9
Cuadro E-16: Porcentaje de abastecimiento de agua	E-11
Cuadro E-17: Resumen de la Cantidad Generada de Aguas Residuales.....	E-11
Cuadro E-18: Generación Per Capita de la Carga Contaminante	E-12
Cuadro E-19: Calidad de las Aguas Residuales.....	E-12
Cuadro E-20: Tasas de Generación de Residuos Domésticos obtenidas de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios	E-13
Cuadro E-21: Comparación de las Tasas de Generación de Residuos en Varios Países de América Latina.....	E-14
Cuadro E-22: Tasa de Generación de Residuos Domésticos	E-14
Cuadro E-23: Tasa de Generación de Residuos No Domésticos obtenida de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios	E-15
Cuadro E-24: Cantidad de Población Económicamente Activa	E-15
Cuadro E-25: Tasa de Generación de Residuos No Domésticos	E-15
Cuadro E-26: Composición de Residuos Domésticos en Chetumal Obtenida de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios	E-16
Cuadro E-27: Composición de Residuos Domésticos en FCP y Tulum Obtenida de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios.....	E-17
Cuadro E-28: Composición de Residuos en Diez Categorías	E-17
Cuadro E-29: Densidad Doméstica Obtenida de los Proyectos Ejecutivos de los Rellenos Sanitarios.....	E-18
Cuadro E-30: Cantidad Generada de Residuos en el 2003	E-18
Cuadro E-31: Área Actual de Cobertura y Recolección de Residuos.....	E-20
Cuadro E-32: Cantidad de Residuos Generados en el Futuro.....	E-20

Listado de Figuras

Página:

Figura E-1: Flujo Actual de Residuos (Othón P Blanco).....	E-19
Figura E-2: Flujo Actual de Residuos (Felipe Carrillo Puerto)	E-19
Figura E-3: Flujo Actual de Residuos (Solidaridad).....	E-19

E Marcos de Planeación

Este capítulo entrega algunas cifras, como el número de residentes y turistas, indicadores económicos, y la cantidad de aguas residuales y residuos sólidos en el futuro, las cuales servirán para preparar el Plan Maestro.

E.1 Marco Social

E.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.

E.1.2 Población Futura

a. Población residencial

La proyección de población utilizada en este Estudio se basa en el estimado de PEDU, con excepción de Playa del Carmen, donde la población actual excede el estimado.

Cuadro E-1: Proyección de 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

Se calcula el número de turistas para Costa Maya, Playa del Carmen, Aventuras-Akumal y Tulum, en donde en la actualidad y en el futuro, se excede por mucho la cantidad de población permanente. El Cuadro E-2 presenta un resumen de la estimación en el número de turistas.

Cuadro E-2: 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

b.1 Proyección del Número de Turistas en Costa Maya

La proyección del número de turistas en Othón P Blanco es de 49,000 en el 2002; 217,000 en el 2005; 221,000 en el 2010; y 225,000 en el 2015, de acuerdo con FONATUR (ver Cuadro E-3). Se estima que el 95% de la cantidad proyectada de turistas llegará al puerto de Mahahual a través de cruceros. Por lo tanto, se supone que todos los turistas de Othón P Blanco visitarán Costa Maya. El Cuadro E-4 indica el número de turistas en el futuro, el cual se utiliza en el Plan Maestro.

Cuadro E-3: Número de turistas en Othón P Blanco (proyección)

Año	Número de turistas
2002	49,000
2005	217,000
2010	221,000
2015	225,000
2020	235,000
2025	376,000

Fuente: FONATUR

Cuadro E-4: Planeación del número de turistas en Costa Maya

Año	2003	2005	2010	2015
Costa Maya	80,468	217,000	221,000	225,000

b.2 Proyección del Número de Turistas en Playa del Carmen, Aventuras-Akumal y Tulum

La cantidad proyectada de turistas en Playa del Carmen, Aventuras-Akumal y Tulum se calcula a través del número estimado de cuartos a futuro. El cálculo de 80 turistas por cuarto por año en la Riviera Maya se indica en el Cuadro E-5 y Cuadro E-6. Con esta cantidad y el número previsto de cuartos (Cuadro E-7), se predice el número de turistas presentado en el Cuadro E-8. Sin embargo, el Cuadro E-8 no presenta la cantidad de turistas para el 2015. Por lo tanto, se obtienen curvas aproximadas del cuadro y el número anual de turistas se estima en el Cuadro E-9, el cual será usado en el Plan Maestro.

Cuadro E-5: Número de Turistas (en la actualidad)

Destino	Número de cuartos	Ocupación (%)	Núm. de turistas	Estadía (días)
Cozumel	3,602	64.5	289,000	4.9
Riviera Maya	15,830	72.7	1,249,000	7.1
Caribe Norte	45,019	74.1	4,407,000	4.9

Fuente: Programa Estatal de Desarrollo Urbano

Cuadro E-6: Número de Turistas por Cuarto

Destino	No. De cuartos	No. De turistas	No. de turistas por cuarto
Cozumel	3,602	289,000	80
Riviera Maya	15,830	1,249,000	79
Caribe Norte	45,019	4,407,000	98

Cuadro E-7: Número de Cuartos de Hotel (proyección)

Año	2000	2005	2010	2025
Puerto Morelos	2,491	5,950	6,932	9,974
Playa del Carmen	8,140	14,312	16,674	26,149
Aventuras-Akumal	4,051	9,093	10,594	13,686
Tulum	1,036	2,134	2,486	6,497
Total	15,718	31,489	36,686	56,306

Fuente: Programa Estatal de Desarrollo Urbano

Cuadro E-8: Número de Turistas (proyección)

Año	2000	2005	2010	2025
Puerto Morelos	199,280	476,000	554,560	797,920
Playa del Carmen	651,200	1,144,960	1,333,920	2,091,920
Aventuras-Akumal	324,080	727,440	847,520	1,094,880
Tulum	82,880	170,720	198,880	519,760
Total	1,257,440	2,519,120	2,934,880	4,504,480

Cuadro E-9: Número de turistas en Playa del Carmen, Aventuras – Akumal y Tulum para Planeación

Año	2003	2005	2010	2015
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	1,677,025	1,939,471	2,478,138	2,930,645

b.3 Cantidad Acumulativa de Turistas

La estimación anterior no considera el número de días que cada turista permanece en la región. De acuerdo con el material estadístico¹, la duración promedio por persona en la

¹ ANUARIO ESTADISTICO Quintana Roo edición 2002 / INEGI

Riviera Maya es de 6.59 días. Basándose en este número, el número adicional de turistas por año y por día se estima como se indica en el Cuadro E-10 y Cuadro E-11.

Cuadro E-10: Número Acumulativo de Turistas por Año

Año	Costa Maya	Playa del Carmen	Aventuras – Akumal	Tulum	Total
2003	530,283	6,039,050	4,203,046	809,502	11,581,881
2004	870,830	6,522,670	4,545,257	883,989	12,822,746
2005	1,430,030	6,993,598	4,824,864	962,654	14,211,146
2006	1,435,302	7,451,834	5,061,268	1,045,497	14,993,901
2007	1,440,574	7,897,377	5,266,051	1,132,518	15,736,520
2008	1,445,846	8,330,228	5,446,682	1,223,717	16,446,473
2009	1,451,118	8,750,387	5,608,262	1,319,094	17,128,861
2010	1,456,390	9,157,853	5,754,429	1,418,649	17,787,321
2011	1,461,662	9,552,627	5,887,869	1,522,382	18,424,540
2012	1,466,934	9,934,708	6,010,622	1,630,294	19,042,558
2013	1,472,206	10,304,098	6,124,273	1,742,383	19,642,960
2014	1,477,478	10,660,795	6,230,080	1,858,650	20,227,003
2015	1,482,750	11,004,799	6,329,056	1,979,096	20,795,701

Cuadro E-11: Número adicional de turistas por día

Año	Costa Maya	Playa del Carmen	Aventuras – Akumal	Tulum	Total
2003	1,453	16,545	11,515	2,218	31,731
2004	2,386	17,870	12,453	2,422	35,131
2005	3,918	19,161	13,219	2,637	38,935
2006	3,932	20,416	13,866	2,864	41,078
2007	3,947	21,637	14,428	3,103	43,115
2008	3,961	22,823	14,922	3,353	45,059
2009	3,976	23,974	15,365	3,614	46,929
2010	3,990	25,090	15,766	3,887	48,733
2011	4,005	26,172	16,131	4,171	50,479
2012	4,019	27,218	16,467	4,467	52,171
2013	4,033	28,230	16,779	4,774	53,816
2014	4,048	29,208	17,069	5,092	55,417
2015	4,062	30,150	17,340	5,422	56,974

c. Cantidad de Población Económicamente Activa

Suponiendo que la cantidad de Población Económicamente Activa (PEA) aumentará en proporción al crecimiento económico, se estima su crecimiento en el Cuadro E-12, con base en el censo del 2000.

Cuadro E-12: Proyección de Población Económicamente Activa

Año	OTHON P. BLANCO	FELIPE CARRILLO PUERTO	SOLIDARIDAD	Total
2000	63,808	16,626	27,162	107,596
2001	66,360	16,959	32,594	115,913
2002	69,014	17,298	38,461	124,773
2003	71,775	17,644	43,076	132,495
2004	74,646	18,085	49,537	142,268
2005	78,005	18,537	56,968	153,510
2006	81,515	19,000	62,665	163,180
2007	85,591	19,475	68,932	173,998
2008	90,299	19,865	75,825	185,989
2009	95,265	20,262	83,408	198,935
2010	100,505	20,667	91,749	212,921
2011	104,525	20,977	97,254	222,756
2012	108,706	21,292	103,089	233,087
2013	113,054	21,611	109,274	243,939
2014	117,576	21,935	115,830	255,341
2015	122,279	22,264	122,780	267,323

E.2 Estructura Económica

Esta sección presenta estructuras económicas con respecto al crecimiento económico y estructuras industriales.

E.2.1 Crecimiento Económico

Los datos de crecimiento económico deben ser derivados de fuentes macroeconómicas, que generalmente se refieren a datos a nivel nacional, pero también a nivel de Estado en el caso de México. Estos datos no se encuentran a nivel municipal en la mayoría de los países. Aunque existan datos macroeconómicos del pasado, la predicción del crecimiento económico futuro es difícil, y la extrapolación de datos pasados al futuro requiere de un cuidadoso juicio. La dificultad se complica cuando no se disponen datos del pasado, como ocurre en el caso de la predicción del crecimiento económico a nivel de Municipios.

Los datos macroeconómicos del pasado indicaron que las tasas de crecimiento del país y del Estado se aceleraron después de 1996. El Estado de Quintana Roo pareció desempeñarse un poco mejor que México en su conjunto durante los períodos de desaceleración económica, pero cuando la economía crecía a un ritmo aceptable de 3.5-4.0% por año, fueron similares las tasas de crecimiento del país y del Estado. Por consiguiente, considerando las condiciones económicas actuales, se asumió que la tasa de crecimiento del Estado de Quintana Roo sería ligeramente superior que la de México. Para México en el 2004, se asumió una tasa de crecimiento similar a la del Plan Nacional de Desarrollo para el caso de no tener lugar las reformas estructurales. En cambio, para el 2005 y el 2006 se consideraron que serían implementadas algunas reformas estructurales, por lo cual se asumieron tasas de crecimiento un poco superiores a las del Plan Nacional de Desarrollo.

Para la estimación del crecimiento económico por Municipio, afortunadamente en este Estudio, se ha efectuado la proyección de la población para cada uno de los Municipios que comprenden el Área de Estudio. El siguiente cuadro muestra las tasas de crecimiento utilizadas en la proyección poblacional.

Cuadro E-13: Tasas Proyectadas de Crecimiento Poblacional

Municipio	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Othón P Blanco	4.11	3.14	2.39
Felipe Carrillo Puerto	2.22	1.33	0.92
Solidaridad	23.23	9.42	5.87

Fuente: Informe de Avance 1

La proyección de la población fue el resultado de cuidadosos análisis de diversos planes de desarrollo, generales y específicos como el Plan de Desarrollo del Estado, planes de desarrollo de los servicios públicos, planes de desarrollo urbano, y planes de desarrollo

turístico. Se tomó como premisa básica que las tasas de crecimiento económico debían exceder las tasas de crecimiento poblacional, si iban a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de los Municipios, Estado o País.

Otras consideraciones en el análisis fueron, los acontecimientos económicos recientes percibidos como negativos, tales como la incertidumbre en la recuperación de la economía de los Estados Unidos de América a la cual se encuentra íntimamente ligada la economía mexicana, la desaceleración de las actividades en los sectores turismo y maquila, y la decreciente competitividad de los productos mexicanos en el mercado del vecino país del norte. Por otro lado, las consideraciones positivas incluyeron la estabilidad macroeconómica, la confianza de los inversionistas internacionales, las crecientes remesas desde los Estados Unidos de América, y la esperada implementación de alguna reforma estructural durante la segunda mitad de la presente administración. Además, se consideró probable que ocurran reacciones de los agentes económicos privados y del sector público, como respuesta a la creciente competencia de los productos chinos ante los productos mexicanos en el mercado del norte. De ocurrir tales reacciones, mejorarían la productividad y la competitividad, por lo cual se asumieron tasas de crecimiento mayores alrededor de la mitad del período del Plan Maestro.

Se estima que la elección presidencial del 2006 inyecte recursos para vigorizar la economía. Y se espera que la administración que asuma el poder después de las elecciones inyecte más recursos a la economía como parte del cumplimiento de las promesas electorales. Estas consideraciones contribuyeron a la estimación de mayores tasas de crecimiento hacia la mitad del período del Plan Maestro.

El Cuadro E-14 sintetiza la proyección de crecimiento económico en los tres municipios.

Cuadro E-14: Proyección de Crecimiento Económico

Porcentaje de crecimiento económico	OTHÓN P. BLANCO	FELIPE CARRILLO PUERTO	SOLIDARIDAD	Quintana Roo total
2000				5.5%
2001	4.0%	2.0%	20.0%	5.0%
2002	4.0%	2.0%	18.0%	4.0%
2003	4.0%	2.0%	12.0%	3.0%
2004	4.0%	2.5%	15.0%	4.0%
2005	4.5%	2.5%	15.0%	4.0%
2006	4.5%	2.5%	10.0%	4.5%
2007	5.0%	2.5%	10.0%	5.0%
2008	5.5%	2.0%	10.0%	5.5%
2009	5.5%	2.0%	10.0%	5.5%
2010	5.5%	2.0%	10.0%	5.5%
2011	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2012	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2013	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2014	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2015	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%

a. Othón P Blanco

Se asumió que el Municipio de Othón P Blanco crecería a una tasa similar a la del Estado de Quintana Roo y el país, por considerarse que una economía basada en el empleo del sector público sería menos sensible a las fluctuantes condiciones económicas. Sin embargo, la incertidumbre se basa en el temor de la reubicación de más oficinas gubernamentales en Cancún, por lo cual se asumió menor crecimiento en Othón P Blanco que en el Estado de Quintana Roo a medida que pase el tiempo.

b. Felipe Carrillo Puerto

El Municipio de Felipe Carrillo Puerto, ya fuertemente dependiente de la transferencia de fondos federales, se asumió que crecería de acuerdo a los gastos del gobierno federal, es decir, aumentado antes de las elecciones presidenciales del 2006 y luego durante la etapa inicial de la nueva administración. Se asumió que la economía crecería marginalmente por encima del crecimiento poblacional proyectado, ayudado por los recursos del sector público, los cuales se estimaron que aumentarían alrededor de la elección presidencial.

c. Solidaridad

Se estimó que el Municipio de Solidaridad crecería más bien independientemente de los crecimientos en los otros dos Municipios o el Estado, considerando que la PEA en el año 2000 ya estaba fuertemente concentrada en el sector servicios. Se estimó que el crecimiento continuo del turismo estaba reflejado en las altas tasas de crecimiento poblacional

proyectado, asumiendo que se cumplan con las recomendaciones del Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo 2000-2025, en el sentido de diversificar el turismo de sol y playa hacia otros tipos de turismo, tales como el de convenciones, cultura, golf y aventuras.

E.2.2 Estructura Industrial

Ante los datos parciales sobre el valor de la producción por sector económico, la proyección de la estructura industrial por Municipio fue inferida de los datos de la población total y de la población económicamente activa (PEA) del Censo de Población 2000, además de la tasa asumida de participación laboral (PEA/población) y las tasas asumidas de crecimiento económico. El Cuadro E-15 resume la distribución proyectada de la PEA.

Cuadro E-15: Estructura Industrial Asumida Según Distribución de PEA

Municipio	Sector	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Othón P Blanco	Agricultura	20	15	10
	Industria	16	20	20
	Servicios	64	65	70
Felipe C Puerto	Agricultura	50	45	40
	Industria	12	15	15
	Servicios	38	40	45
Solidaridad	Agricultura	5	5	5
	Industria	20	20	20
	Servicios	75	75	75

a. Othón P Blanco

La participación laboral en Othón P Blanco se asumió en 35%, de acuerdo a lo indicado en el Censo de Población 2000. Para el período 2001-2005, se asumió que la distribución de la PEA en agricultura, industria y servicios sería igual a la distribución indicada en el Censo de Población 2000: 20%, 16% y 64%, respectivamente. Para el período 2006-2010, se asumió un desplazamiento de la PEA desde la agricultura, estimándose la distribución de la PEA en agricultura, industria y servicios en 15%, 20% y 65%, respectivamente. Se consideró que el desarrollo turístico en la Costa Maya implicaría el desplazamiento de la PEA desde la agricultura hacia el sector manufacturero de apoyo a las actividades turísticas, antes que directamente al sector servicios. Y para el período 2011-2015, se asumió que la distribución de la PEA en agricultura, industria y servicios sería similar a la distribución de la PEA en el Estado de Quintana Roo en el año 2000: 10%, 20% y 70%, respectivamente.

b. Felipe Carrillo Puerto

La participación laboral en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto se asumió en 30%, de acuerdo a lo indicado en el Censo de Población 2000. Para el período 2001-2005, se asumió

que la distribución de la PEA en agricultura, industria y servicios sería igual a la indicada por el Censo de Población 2000: 50%, 12% y 38%, respectivamente. Para el período 2006-2010, se asumió un desplazamiento de la PEA desde la agricultura, y se asumió que la distribución de la PEA en agricultura, industria y servicios sería de 45%, 15% y 40%, respectivamente. Sería un desplazamiento normal y gradual de la PEA desde el sector agricultura a los otros sectores, proceso que ocurriría sin preverse ningún crecimiento dramático en ninguno de los sectores. Y para el período 2011-2015, se asumió más desplazamiento gradual de la PEA del sector agricultura al sector servicios, estimándose que la distribución de la PEA en agricultura, industria y servicios sería de 40%, 15% y 45%, respectivamente.

c. Solidaridad

La participación laboral en el Municipio de Solidaridad se asumió en 45%, de acuerdo a lo indicado en el Censo de Población 2000. La distribución de la PEA en el año 2000 presentaba un pronunciado sesgo, con una fuerte concentración de la PEA en el sector servicios. Sin embargo, se estimó que esta distribución sesgada de la PEA permanecería estable, como una necesidad para satisfacer los requerimientos del acelerado desarrollo del turismo en el Municipio. Por lo tanto, se asumió que para el período total 2001-2015 la distribución de la PEA permanecería igual a los niveles del año 2000: 5% en agricultura, 20% en industria y 75% en servicios.

E.3 Cantidad Proyectada de Aguas Residuales y Calidad

Esta sección estima la cantidad futura de aguas residuales tomando en consideración la población residencial y el número de turistas.

E.3.1 Porcentaje de Generación de Aguas Residuales

El porcentaje de generación de aguas residuales se define con base en el manual de CNA². 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, tal como se muestra en el Cuadro E-16.

Cuadro E-16: Porcentaje de abastecimiento de agua

Aspecto	Alta (litro /persona/día)	Media (litro /persona/día)	Baja (litro /persona/día)
Clima caliente	400	230	185
Clima semi caliente	300	205	130
Clima templado	250	195	100

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver 3.0, 2001 CNA

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:

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

E.3.2 Cantidad de Aguas Residuales

El Cuadro E-17 indica la proyección de la cantidad generada de aguas residuales en el futuro, obtenida de la tasa de generación actual y de la proyección de población futura.

Cuadro E-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: m³/día

² Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver 3.0, 2001 CNA.

E.3.3 Calidad Proyectada de las Aguas Residuales

El manual de CNA también define las generaciones per capita de carga contaminante como se indica en el Cuadro E-18, las cuales se consideran apropiadas tomando como referencia el nivel de contaminación que se puede observar en el Japón. Teniendo en cuenta la generación per capita de la carga de contaminación y la tasa de generación de aguas residuales, se predice la calidad del agua en el Cuadro E-19.

Cuadro E-18: Generación Per Capita de la Carga Contaminante

Aspecto	Generación per capita de Carga Contaminante (g/persona/día)
DBO	54
DQO	110
SS	52
N-T	8
P-T	4.60

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver 3.0, 2001 CNA II-3.-4.2

Cuadro E-19: Calidad de las Aguas Residuales

Aspecto	Calidad del agua (mg/litro)
DBO	312
DQO	636
SS	300
N-T	46
P-T	27

E.4 Cantidad Proyectada de Residuos y su Composición

E.4.1 Suposiciones

Recientemente se llevaron a cabo investigaciones detalladas sobre la cantidad y composición de residuos en Chetumal, Felipe C Puerto y Tulum, como parte del “Proyecto Ejecutivo de Rellenos Sanitarios” con financiamiento del BID. En la planeación del Plan Maestro, se emplearon los resultados obtenidos de las investigaciones.

E.4.2 Tasa de Generación de Residuos

E.4.2.1 Residuos Domésticos

El Cuadro E-20 indica la tasa de generación obtenida por los proyectos del BID en cuanto a la generación de residuos domésticos, mientras que el Cuadro E-21 presenta las tasas de generación obtenidas por JICA en otros países de América Latina. Comparando ambos cuadros, se puede deducir que las tasas de generación de residuos obtenidas por los Proyectos Ejecutivos tienden a ser más altos que las de JICA, especialmente los resultados en Tulum.

Con el fin de obtener una tasa de generación que sea cercana a la realidad, los resultados de los estudios sobre la cantidad de residuos son a menudo modificados teniendo en cuenta los datos estadísticos obtenidos de la báscula, pero hay que considerar que los datos sin procesar de los estudios sobre cantidad de residuos tienden a ser más altos que en la realidad. Además, no existen tales datos estadísticos en el Área de Estudio.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, las tasas de generación de residuos que son empleadas para la planificación del P/M se definen como lo muestra el Cuadro E-22, y se supone que las tasas de generación hacia el futuro no cambiarían tomando en cuenta que las tasas reflejan cifras ya muy altas.

Cuadro E-20: Tasas de Generación de Residuos Domésticos obtenidas de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios

Unidad: g/persona/día

Fuente	Chetumal	FCP	Tulum	Promedio
Alto	1,030	840	1,163	1,011
Mediano	946	733	1,055	911
Bajo	933	833	1,287	1,018
Promedio	970	802	1,168	980
Diferencia (%)	-1.0	-18.2	19.2	-

Cuadro E-21: Comparación de las Tasas de Generación de Residuos en Varios Países de América Latina

Fuentes		Unidad	Ciudad de PANAMA 1	San Salvador/ El Salvador2	Mexico3 DF/1998	Nicaragua ciudades principales4 1996	Nicaragua Managua5/ 1995	Paraguay Asuncion6/1 994
Doméstica	Ingreso alto	g/persona/día	898.3	600	616	675	664	682
	Ingreso medio		655.8	540				
	Ingreso bajo		440.2	420				
Comercial	Restaurante	g/emplead o/día	6,373	NA	NA	NA	NA	NA
	Otros		1,918	482	NA	1,676	NA	NA
Institucional		g/m/día	201	NA	NA	NA	NA	NA
Mercado			4,178	1,674	1,025	2,827	NA	NA
Barrido de calles			16	198	NA	NA	50	NA

Fuente: 1 JICA estudio 2002, 2 JICA estudio 2001, 3 JICA estudio 1999, 4 JICA estudio 1997, 5 JICA estudio 1995, 6 JICA estudio 1996

Cuadro E-22: 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

E.4.2.2 Residuos No-domésticos

La generación de residuos no domésticos tiene una relación cercana con las actividades económicas. En esta sección se estima el porcentaje de generación de residuos por actividad económica.

El Cuadro E-23 muestra la cantidad generada de residuos no domésticos de acuerdo a los resultados del Proyecto Ejecutivo. Las cifras se obtuvieron de registros y/o estimaciones experimentales por parte del personal del municipio. Por consiguiente, se considera que algunas cifras no reflejan la realidad.

Del Cuadro E-23 y de la cantidad de Población Económicamente Activa (PEA) señalada en el Cuadro E-24, se calcula el porcentaje de generación de residuos no domésticos por PEA. Los resultados se indican en el Cuadro E-25. Se encuentran considerables diferencias entre los porcentajes de generación: 601.0 g/día/PEA en Chetumal; 1,772.2 g/día/PEA en FCP; y 7,764.7 g/día/PEA en Tulum. Si estos datos se adoptan para los municipios respectivos, la proporción en la cantidad de residuos no domésticos y domésticos es la siguiente: 16% y 84% para Othón P Blanco, 38% y 62% en Felipe C Puerto, y 78% y 22% en Solidaridad. Se presume que tomando en consideración las actividades económicas en FCP y Solidaridad, los resultados no reflejan la realidad.

En consecuencia, 601.0 g/día/PEA se emplea en la planeación como el porcentaje de generación de residuos no domésticos.

Cuadro E-23: Tasa de Generación de Residuos No Domésticos obtenida de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios

Unidad: ton/día

Fuente	Chetumal	FCP	Tulum
Comercios	7.41	2.50	5.80
Oficinas públicas	2.31	-	-
Mercados	9.38	2.50	1.90
Escuelas	3.55	3.00	1.90
Áreas públicas	2.42	-	-
Hoteles	3.64	3.00	5.50
Áreas costeras	-	-	3.60
Áreas arqueológicas	-	-	1.10
total	28.71	11.00	19.80

Cuadro E-24: Cantidad de Población Económicamente Activa

Chetumal,	Felipe Carrillo Puerto	Tulum
47,769	6,207	2,550

Fuente: Conformación de la base de datos por localidad ITER23/ INEGI

Cuadro E-25: Tasa de Generación de Residuos No Domésticos

	Chetumal	FCP	Tulum
Población Económicamente Activa (PEA)	47,769	6,207	2,550
Residuos No Domésticos (ton/día)	28.71	11.00	19.8
Tasa de Generación de Residuos No Domésticos (g/día/PEA)	601.0	1,772.2	7,764.7

E.4.2.3 Tasa de Generación de Residuos por Turista

Los turistas deberían ser considerados como generadores de desechos en áreas turísticas. La misma tasa de generación de residuos domésticos se aplica para turistas, debido a que la permanencia de 6.59 días por turista es relativamente larga.

E.4.3 Composición de Residuos

Los resultados de los Proyectos Ejecutivos se muestran en los Cuadro E-26 y Cuadro E-27. El Cuadro E-28 señala la composición de residuos en diez categorías. Las estimaciones se consideran apropiadas tomando en consideración observaciones de la situación actual, tal como sitios de disposición, trabajo de recolección, etc. Consecuentemente, las estimaciones se emplean en la planeación.

Cuadro E-26: Composición de Residuos Domésticos en Chetumal Obtenida de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios

Unidad: %

Composición	Porcentaje
Hierro	0.33
Huesos	0.50
Goma	4.81
Textiles	4.48
Plástico duro	2.89
Latas	2.80
Mercancías sanitarias	11.09
Vidrio de color	1.23
Película plástica	0.14
Vidrio claro	3.54
Cartón	3.77
Residuos de jardines	23.48
Papel	9.68
Polvo	8.95
Residuos de cocina	13.24
Otros	9.07
Total	100.00

Cuadro E-27: Composición de Residuos Domésticos en FCP y Tulum Obtenida de los Proyectos Ejecutivos de Rellenos Sanitarios

Unidad: %

Composición	FCP	Tulum
Algodón	0.02	0.02
Aluminio	0.21	0.42
Metales	1.46	0.71
Cartón	6.51	5.14
Cartón con revestimiento de cera	2.21	1.89
Cerámica, tejas	0.42	0.14
Piel	0.08	0.25
Huesos	0.63	0.36
Goma	6.88	6.73
Latas	1.70	3.33
Llantas	0.00	0.00
Maderas	1.10	0.79
Hierro	0.58	1.02
Material de construcción	1.20	1.09
Mercancías sanitarias	9.81	9.90
Papel	8.27	4.76
PET	5.21	5.21
Películas plásticas	0.09	0.01
Plástico duro	2.66	1.57
Residuos de jardín	14.89	11.31
Polvo	6.89	2.48
Residuos de cocina	14.74	26.76
Textiles	2.63	2.61
Unicel	0.20	0.68
Vidrio de color	3.97	2.08
Vidrio claro	7.01	8.18
Zapatos	0.63	2.56
Otros	0.00	0.00
Total	100.00	100.00

Cuadro E-28: Composición de Residuos en Diez Categorías

Unidad: %

Composición	Chetumal	FCP	Tulum	Average
Papel	13.45	16.99	11.79	14.08
Residuos de cocina	13.74	15.37	27.12	18.74
Textiles	15.57	12.46	12.53	13.52
Césped & madera (residuos de jardines)	23.48	15.99	12.10	17.19
Plástico	3.03	7.96	6.79	5.93
Goma & piel	4.81	7.59	9.54	7.31
Metal	3.13	3.95	5.48	4.19
Vidrios	4.77	10.98	10.26	8.67
Tierra, piedra y cerámica	8.95	8.51	3.71	7.06
Otros	9.07	0.20	0.68	3.32
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

E.4.4 Densidad

El Cuadro E-29 indica la densidad de los residuos obtenidos en el punto de generación, de acuerdo a datos proporcionados por los Proyectos Ejecutivos. El promedio de 0.169 se emplea en esta planeación.

Cuadro E-29: Densidad Doméstica Obtenida de los Proyectos Ejecutivos de los Rellenos Sanitarios

Aspecto	Chetumal	FCP	Tulum	Promedio
Alto	0.154	0.171	0.190	0.172
Medio	0.159	0.157	0.175	0.164
Bajo	0.162	0.179	0.176	0.172
Promedio	0.158	0.169	0.180	0.169
Diferencia (%)	-6.50	0.00	6.50	-

E.4.5 Cantidad de Residuos

E.4.5.1 Cantidad Actual de Residuos

La cantidad de residuos en el 2003 se estima con base en la proyección de población y las tasas de generación de residuos mencionados anteriormente. Se asume que los residuos no domésticos se generan en comunidades con más de 2,500 habitantes en el 2015; asimismo se toman en cuenta los residuos generados por turistas en áreas turísticas. El Cuadro E-30 indica la cantidad de residuos generada en el 2003.

Cuadro E-30: Cantidad Generada de Residuos en el 2003

Municipios	Doméstico (ton/día)	No Doméstico (ton/día)	Turista (ton/día)	Total (ton/día)
Othón P Blanco	221.8	42.2	1.5	265.5
Felipe Carrillo Puerto	51.0	10.6	-	61.6
Solidaridad	138.4	25.9	29.4	193.7
Total	411.2	78.7	30.9	520.8

E.4.5.2 Flujo Actual de Residuos

La Figura E-1, la Figura E-2, y la Figura E-3 señalan el flujo de residuos en el 2003, obtenidos de la cantidad de residuos y del porcentaje de cobertura de recolección que se señala en el Cuadro E-31.

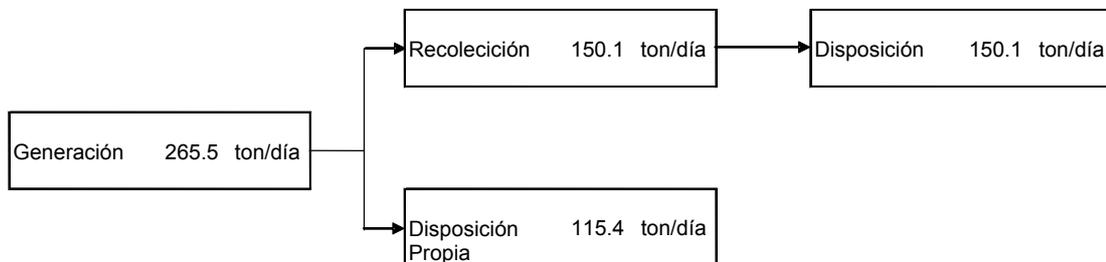


Figura E-1: Flujo Actual de Residuos (Othón P Blanco)

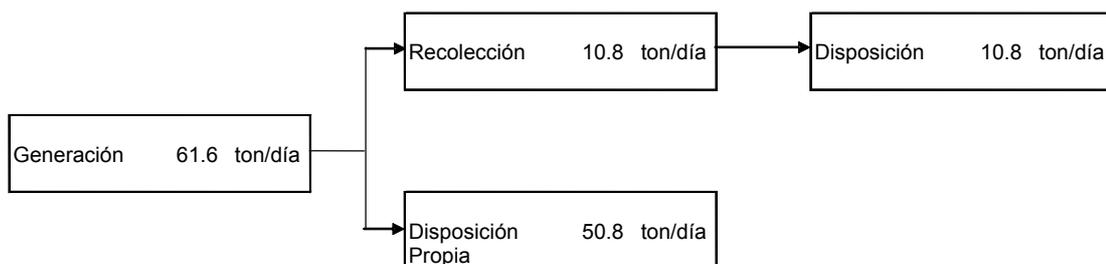


Figura E-2: Flujo Actual de Residuos (Felipe Carrillo Puerto)

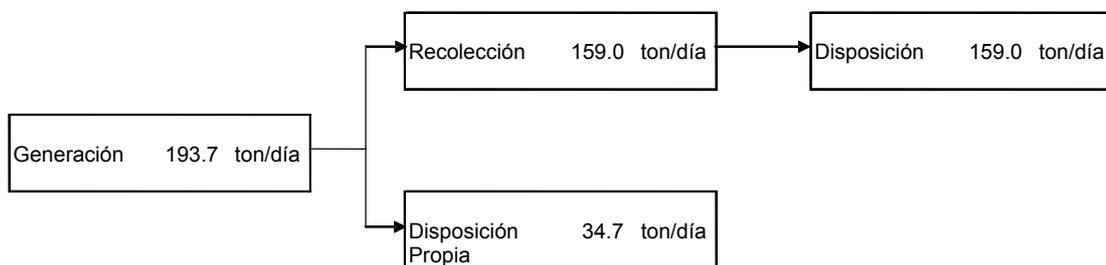


Figura E-3: Flujo Actual de Residuos (Solidaridad)

Cuadro E-31: Área Actual de Cobertura y Recolección de Residuos

Municipio	Localidad	Cobertura del servicio de recolección
Othón P Blanco	Chetumal	90%
	Subteniente López	100%
	Xul-Ha	100%
	Huay-Pix	100%
	Raudales	100%
	Laguna Guerrero	100%
	Luis Echeverría	100%
Felipe Carrillo Puerto	Felipe Carrillo Puerto	50%
Solidaridad	Playa del Carmen	90%
	Tulum	100%
	Chemuyil	100%
	Puerto Aventuras	100%
	Akumal	100%
	Coba	100%
	Manuel Antonio Uh May	100%
	Francisco Uh May	100%
	Macario Gómez	100%

E.4.6 Cantidad Proyectada de Residuos

El Cuadro E-32 indica la estimación de la cantidad de residuos generados en el futuro.

Cuadro E-32: Cantidad de Residuos Generados en el Futuro

Categoría	Año	Othón P Blanco	Felipe Carrillo 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

Capitulo F

Amenazas a Futuro

Contenido

Página:

F	Amenazas a futuro	F-1
F.1	Amenaza para las Aguas Subterráneas	F-2
F.2	Amenazas por el Manejo de las Aguas Residuales.....	F-5
F.3	Amenazas por el Manejo de los Residuos Sólidos	F-9

Listado de Cuadros

Página:

Cuadro F-1: Cantidad de DBO Descargada al Medio Ambiente	F-3
Cuadro F-2: Balance del Agua en el Estado de Quintana Roo	F-3
Cuadro F-3: Concentración de DBO estimada en las Aguas Subterráneas.....	F-3
Cuadro F-4: Estándar Ambiental de los Cuerpos Públicos de Agua (Ríos) en Japón	F-4
Cuadro F-5: Definición de los Usos del Agua en los Estándares Ambientales de los Cuerpos de Agua Públicos (Ríos) en Japón.....	F-4
Cuadro F-6: Cantidad de Remoción de la DBO en Instalaciones Públicas	F-6
Cuadro F-7: Cantidad de Tratamiento de las Aguas Residuales en las instalaciones Privadas.....	F-6
Cuadro F-8: Cantidad de Remoción de DBO de otros Sistemas Públicos de Alcantarillado	F-7
Cuadro F-9: Actual Cantidad de Generación y Remoción de DBO.....	F-7
Cuadro F-10: Futura Generación de DBO y Cantidad Descarga y Remoción de DBO.....	F-7
Cuadro F-11: Amenazas sin el Plan Maestro	F-9
Cuadro F-12: Cantidades Proyectadas de Residuos en Othón P Blanco sin un Plan Maestro.....	F-11
Cuadro F-13: Cantidades Proyectadas de Residuos en Felipe C. Puerto sin un Plan Maestro.....	F-11
Cuadro F-14: Cantidades Proyectadas de Residuos en Solidaridad sin un Plan Maestro	F-11
Cuadro F-15: Cantidad de Residuos Desconocidos Proyectados sin un Plan Maestro.....	F-12
Cuadro F-16: Cantidad de DBO generada por Residuos Desconocidos.....	F-13

Listado de Figuras

Página:

Figura F-1: Desarrollo Sustentable y Aguas Subterráneas.....	F-1
Figura F-2: Acumulación de Residuos Desconocidos sin un Plan Maestro.....	F-12
Figura F-3: Cantidad de DBO generada por Residuos Desconocidos	F-13

F Amenazas a futuro

En el Informe de Avance (1), se analizaron y describieron cuales son los problemas actuales. En esta sección, se discuten las posibles futuras amenazas en caso de no tomar las medidas necesarias con respecto a los problemas identificados.

Sobre la base de lo entendido, acerca de las condiciones actuales del saneamiento ambiental descritas en el Informe de Avance (1), se confirma que, si la situación permanece tal como se encuentra actualmente y si el desarrollo turístico continua creciendo, las aguas subterráneas, única fuente de abastecimiento de agua y que mantiene vínculos con otros ambientes acuáticos, se verán enfrentadas a amenazas de contaminación y escasez. Entonces, esto representaría un factor importante que impediría el desarrollo sustentable en el área de estudio, como se muestra en la Figura F-1.

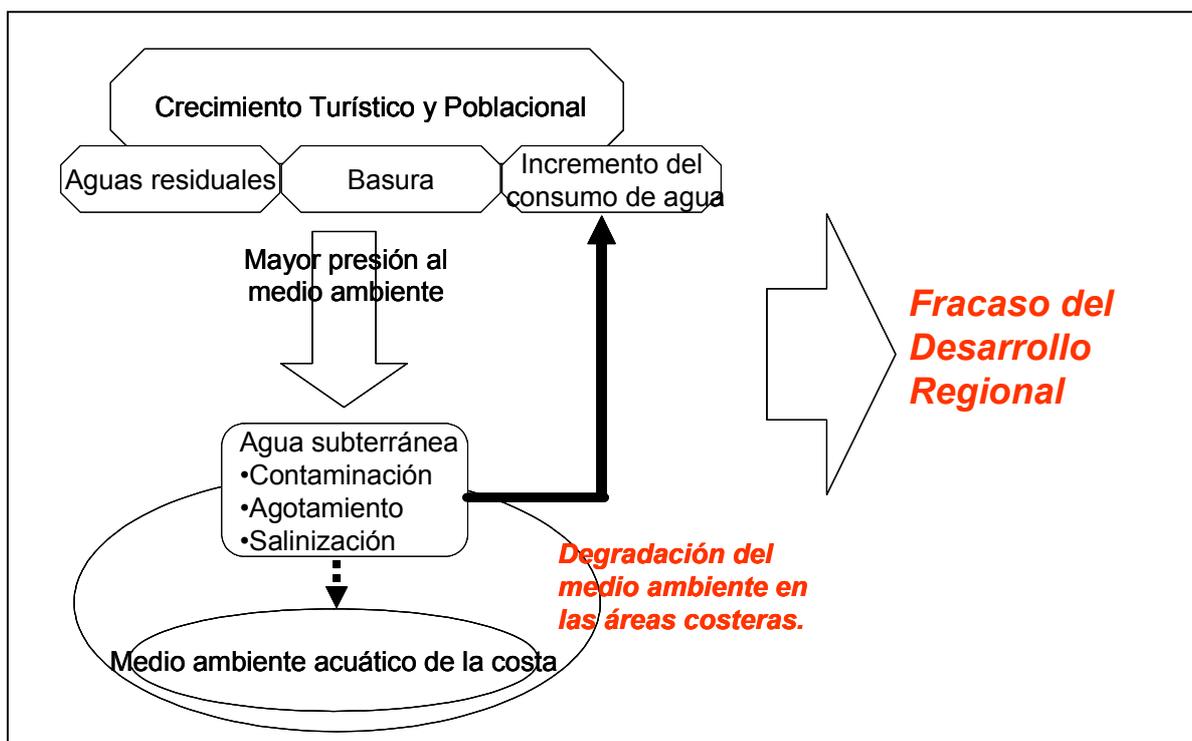


Figura F-1: Desarrollo Sustentable y Aguas Subterráneas

F.1 Amenaza para las Aguas Subterráneas

Ha quedado cualitativamente entendido en el estudio que, el Manejo de las Aguas Residuales y el Manejo de los Residuos Sólidos, están íntimamente relacionados con la contaminación de las aguas subterráneas. En esta sección se intenta entender esta relación en forma cuantitativa. Aunque existen varios indicadores para determinar la descarga contaminante originada por los residuos sólidos y las aguas residuales, se recomienda enfocarse en la DBO al momento de realizar el Plan Maestro, debido a que las aguas residuales y los residuos sólidos en el Área de Estudio son originados por actividades domésticas, y la DBO es el indicador más utilizado para evaluar la carga contaminante, originada por las actividades domésticas. Esta sección explica por medio de la DBO, cómo las aguas residuales y los residuos sólidos tienen efecto sobre las aguas subterráneas.

Si no se toman nuevas medidas para el MRS y el MAR en el futuro, la cantidad de DBO descargada hacia el medio ambiente se incrementará de aproximadamente 13 mil toneladas en el año 2003 a alrededor de 26 mil toneladas en el 2015, como se muestra en el Cuadro F-1. A partir de la cantidad de DBO descargada y por medio de un balance del agua (Ver Cuadro F-2), se obtiene la concentración de DBO, como se muestra en el Cuadro F-3. De acuerdo a este cuadro, se espera que la concentración de la DBO en las aguas subterráneas, se incremente a un poco más de 4.9 mg/litro en el 2015. Solamente las aguas residuales y los residuos sólidos han sido considerados en esta estimación, por lo que, se presume que la concentración de DBO en el agua subterránea será mayor de 4.9 mg/litro, debido a que existen otras fuentes de contaminación, tales como la agricultura.

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. De acuerdo al 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 F-4 y Cuadro F-5). La categoría Clase C se define como el cuerpo de agua que requiere de una sofisticada purificación, para el abastecimiento del agua.

Consecuentemente, se encuentra 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 F-1: Cantidad de DBO Descargada al Medio Ambiente

Unidad: ton/año

	2003	2005	2010	2015
Aguas Residuales				
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
Total	7,094.2	8,526.5	11,289.8	13,281.6
Residuos Sólidos				
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
Total	6,131.3	7,550.7	10,366.0	12,578.0
Visión General				
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
Total	13,225.5	16,077.2	21,655.8	25,859.6

Cuadro F-2: Balance del Agua en el Estado de Quintana Roo

Unidad: millones m³/año

	Othón P. Blanco	Felipe C. Puerto	Solidaridad	Otros	Total
Recarga y flujo					
Recarga	1,801.3	1,611.0	346.0	1,265.9	5,024.1
Flujo	366.6	211.3	124.1	731.3	1,433.2
Total	2,167.8	1,822.3	470.1	1,997.1	6,457.3
Cantidad de Aguas Subterráneas					
Al mar	-927.8	-2,428.6	-862.6	-815.6	-5,035
Extracción	-124.0	-21.2	-30.0	-94.7	-270
Flujo hacia otras áreas	-811.8	-31.0	0.0	-310.0	-1,153
Total	-1,863.6	-2,480.8	-892.6	-1,220.3	-6,457.3

Cuadro F-3: Concentración de DBO estimada en las Aguas Subterráneas

Unidad: mg/litro

Aguas Residuales	2003	2005	2010	2015
En el campo de las aguas residuales				
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
Total	1.4	1.6	2.2	2.5
En el campo de los residuos sólidos				
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
Total	1.2	1.4	2	2.4
Visión General				
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
Total	2.5	3.1	4.1	4.9

Cuadro F-4: 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"> Clase 1 de Abastecimiento de Agua Conservación del ambiente natural Usos en la lista A-E 	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"> Clase 2 de Abastecimiento de Agua Clase 1 de pesca Lista de usos B-E 	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"> Clase 3 de Abastecimiento de agua Clase de pesca 2 Lista de usos C-E 	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"> Clase de pesca 3 Clase 1 de Aguas Industriales Lista de usos D-E 	6.5 a 8.5	5 o menos	50 o menos	5 o más	-
D	<ul style="list-style-type: none"> Clase 2 de Aguas industriales Conservación del ambiente natural Lista de usos E 	6.5 a 8.5	8 o menos	100 o menos	2 o más	-
E	<ul style="list-style-type: none"> Clase 3 de Aguas Industriales Conservación del ambiente 	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 F-5: 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 establecimiento de químicos y filtro de arena con absorción de carbono activado, etc.)
Clase 1 de Pesca	Altos cuerpos de agua 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 fijación 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 de aguas industriales con un especial nivel de purificación del agua
Conservación del Medio Ambiente	No altera el medio ambiente

F.2 Amenazas por el Manejo de las Aguas Residuales

En el caso en que no se tomen nuevas medidas para contra restar la contaminación, se sabe que: la cantidad de DBO generada y la cantidad de descarga en el futuro, será la misma que en el presente.

Las instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales en el área de estudio se dividen básicamente en dos categorías sector público y sector privado. Las instalaciones en el sector público pertenecen a la CAPA, y esta institución lleva un registro de la capacidad de tratamiento de las instalaciones, la cantidad actual tratada, la calidad de las aguas que entran y de las que salen. El Cuadro F-6 presenta la cantidad actual de remoción de DBO, obtenida de los datos proporcionados por CAPA.

Mientras tanto, para las instalaciones del sector privado, solamente la capacidad instalada es declarada a CNA y registrada. El Cuadro F-7 nos muestra la cantidad de aguas residuales tratadas de acuerdo a los registros. Suponiendo que la concentración de DBO es de 312 mg/litro para las aguas de entrada y de 75 mg/litro para las aguas de salida, la cantidad de DBO removida, se estima como se muestra en el Cuadro F-8.

Al comparar la cantidad de DBO generada y la cantidad removida, encontramos que las tasas de remoción son solamente de 3.06% en Othón P. Blanco, 0.33% en Felipe Carrillo Puerto y de 57.56% en Solidaridad, que es considerablemente más alto que en las otras municipalidades. (Ver Cuadro F-9).

El Cuadro F-10 nos muestra la generación de DBO y las cantidades de remoción y descarga en el futuro, en un caso en donde las porciones presentes de generación y las cantidades de remoción no cambian. Como se muestra en el cuadro, la cantidad de descarga de DBO será el doble para el año 2015 comparada con la cantidad de descarga del año 2003. Otros contaminantes tales como los coliformes, nitrógenos y fósforos podrían incrementarse al igual que la DBO, debido a que la DBO se relaciona con estos contaminantes. Entonces, el riesgo de brote de enfermedades causadas por dichos contaminantes, podría también incrementarse.

Cuadro F-6: Cantidad de Remoción de la DBO en Instalaciones Públicas

Municipio	Aspectos	Número
Othón P. Blanco	Planta de tratamiento para el sistema de alcantarillado en Chetumal	
	Concentración de la DBO en el Flujo de entrada	139 mg/litro a
	Concentración de la DBO en el Flujo de salida	1.9 mg/litro a
	Cantidad tratada	645,942 m ³ /año a
	Cantidad de DBO removida	88.6 ton/año
Felipe Carrillo Puerto	Planta de tratamiento para el sistema de alcantarillado de Felipe Carrillo Puerto	
	Concentración de DBO en el flujo de entrada	101 mg/litro a
	Concentración de DBO en el flujo de salida	2.2 mg/litro a
	Cantidad tratada	42,368 m ³ /año a
	Cantidad removida de DBO	4.2 ton/año
Solidaridad	Planta de tratamiento para el sistema de alcantarillado en Playa del Carmen	
	Concentración de DBO en el flujo de entrada	323 mg/año a
	Concentración de DBO en el flujo de salida	11.2mg/año a
	Cantidad tratada	2,025,128 m ³ /año a
	Cantidad removida de DBO	631.4 ton/año
Cantidad Total de DBO removida		724.2 ton/año

Fuente: ^a:CAPA

Cuadro F-7: Cantidad de Tratamiento de las Aguas Residuales en las instalaciones Privadas

Unidad: m³/año

Municipio	Localidad	Efluente de las Instalación de Tratamiento de Aguas Residuales
OTHON P. BLANCO	BACALAR	189,012
	CHETUMAL	9,886
	FRANCISCO VILLA	12,264
	Total	211,162
SOLIDARIDAD	AKUMAL	1,483,532
	CAPITAN LAFITTE	32,000
	PARAISO	1,767
	PLAYA DEL CARMEN	4,032,868
	TULUM	25,623
	X-CARET	39,420
	Total	5,615,210
TOTAL		5,826,372

Fuente: CNA inventario de los pozos de inyección

Cuadro F-8: Cantidad de Remoción de DBO de otros Sistemas Públicos de Alcantarillado

Unid: ton/año

Municipio	Localidad	Efluente de las Instalación de Tratamiento de Aguas Residuales
OTHON P. BLANCO	BACALAR	44.8
	CHETUMAL	2.3
	FRANCISCO VILLA	2.9
	Total	50.0
SOLIDARIDAD	AKUMAL	351.6
	CAPITAN LAFITTE	7.6
	PARAISO	0.4
	PLAYA DEL CARMEN	955.8
	TULUM	6.1
	X-CARET	9.3
	Total	1,330.8
TOTAL		1,380.9

Suposiciones: Concentración de DBO en el flujo de entrada: 312 mg/litro
 Concentración de DBO en las aguas tratadas: 75 mg/litro

Cuadro F-9: Actual Cantidad de Generación y Remoción de DBO

Aspecto	OTHON P. BLANCO	FELIPE CARRILLO PUERTO	SOLIDARIDAD
Cantidad Generada en el año 2003 (ton/año)	4,535.9	1,254.5	3,408.7
Cantidad removida (ton/año)			
Sistema de Alcantarillado	88.6	4.2	631.4
Otros sistemas de alcantarillado	50.0	-	1,330.8
Total	138.6	4.2	1,962.2
Cantidad de Descarga (ton/año)	4,397.3	1,250.3	1,446.5
Porcentaje de Remoción	3.06%	0.33%	57.56%

Cuadro F-10: Futura Generación de DBO y Cantidad Descarga y Remoción de DBO

Aspecto	Aguas Residuales	2003	2005	2010	2015
Generación	OTHON P. BLANCO	4,535.9	5,392.5	7,140.7	8,263.4
	FELIPE CARRILLO PUERTO	1,254.5	1,303.6	1,393.0	1,456.6
	SOLIDARIDAD	3,408.7	4,711.8	7,019.9	8,999.4
	Total	9,199.1	11,407.9	15,553.6	18,719.4
Remoción	OTHON P. BLANCO	138.8	165.0	218.5	252.9
	FELIPE CARRILLO PUERTO	4.1	4.3	4.6	4.8
	SOLIDARIDAD	1,962.0	2,712.1	4,040.7	5,180.1
	Total	2,104.9	2,881.4	4,263.8	5,437.8
Descarga	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
	Total	7,094.2	8,526.5	11,289.8	13,281.6

a. Othon P. Blanco

En el municipio de Othón P Blanco, la carga contaminante generada por las aguas residuales en el 2015, será 1.8 veces la de 2003, en el caso de que no se tomen las medidas necesarias. Esto puede conducir hacia una contaminación de las aguas subterráneas y de la bahía de Chetumal. Además, los riesgos de brote de enfermedades ocasionados por las aguas residuales, se incrementaría al igual que la carga contaminante.

b. Felipe Carrillo Puerto

En el municipio de Felipe C. Puerto, el incremento de la carga contaminante podría ser ligera, para el año 2015 se estima que será de un 16% más de la que se presenta en el 2003. Se anticipa que este municipio no enfrentará serios problemas, comparados con los otros dos municipios, desde el punto de vista de carga contaminante hacia el ambiente.

c. Solidaridad

En el municipio de Solidaridad, la carga contaminante en el 2015 será 2.6 veces que la del año 2003. Esta situación podría conducir hacia una contaminación de las aguas subterráneas y del medio ambiente acuático, como son los cenotes, cavernas y arrecifes coralinos. Además, el riesgo que se corre de brote de enfermedades podría incrementarse al igual que la carga contaminante.

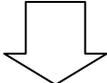
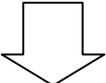
F.3 Amenazas por el Manejo de los Residuos Sólidos

En esta sección se explica las amenazas que pueden originarse en el futuro, en el área de estudio, si no se toman medidas en el campo del manejo de los residuos sólidos.

a. Amenazas en General

Como lo explica el Cuadro F-11, las amenazas que se prevén hacia el futuro en el sistema de MRS pueden ser un impedimento para un desarrollo sustentable en el área de estudio.

Cuadro F-11: Amenazas sin el Plan Maestro

Marco Técnico	Amenazas sin el Plan Maestro
En la fuente de generación de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • La tasa de generación per capita aumentaría como resultado del cambio de estilos de vida como resultado de la urbanización. • La cantidad de desechos descargados aumentará si no se realizan esfuerzos, por ejemplo, evitar la compra de mercadería voluminosa, reciclaje, compostaje.
Recolección y Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Si la capacidad de recolección no es fortalecida, los residuos no-recolectados aumentarían y el medio-ambiente donde viven los ciudadanos se deterioraría (se producirían malos olores, se degradaría la estética del sitio, los vectores proliferarían, podrían desarrollarse epidemias).
Tratamiento y reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> • Si no se fomenta el reciclaje, la cantidad de residuos dispuesta no se reduciría.
Disposición Final	<ul style="list-style-type: none"> • El tiradero existente se llenaría casi de inmediato por el aumento de los residuos. • Una manera inadecuada de disposición aumentaría debido al cierre de los tiraderos existentes
	
Las amenazas antes mencionadas causarían los siguientes daños: <ul style="list-style-type: none"> • Los recursos se agotarían: el consumo de los recursos naturales por la generación actual deterioraría las oportunidades de un desarrollo robusto de la próxima generación. • Degradación del medio ambiente donde se vive: el saneamiento del medio ambiente donde se vive empeoraría y la salud de los ciudadanos se deterioraría. • Contaminación del medio ambiente acuático: la disposición ilegal y a cielo abierto conllevaría a un aumento de la cantidad de lixiviados, y contaminaría el agua subterránea que tiene una conexión directa y cercana con los cenotes, cuevas, lagunas, y aguas costeras. 	
	
La contaminación del medio ambiente acuático produciría: <ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento de los recursos hídricos, • Destrucción del medio ambiente acuático costero y la biodiversidad. • Pérdida del atractivo para los turistas • Falla del desarrollo sustentable en el área de estudio 	

b. Amenazas a los Municipios Respectivos

En caso de que no se tomen nuevas medidas, o la capacidad de recolección de residuos no mejore y la capacidad de disposición de residuos no se expanda, los residuos no recolectados se acumularían alrededor de las viviendas y comunidades, poniendo en riesgo la salud de los

ciudadanos; incluso los residuos recolectados serían dispuestos en bosques y humedales debido a la falta de sitios de disposición adecuados, lo cual deterioraría el medio ambiente.

El grado de afectación adversa en ambientes naturales y habitados, depende de la cantidad de residuos no recolectados e inapropiadamente depositados. En este estudio a este tipo de residuos se les llamará temporalmente “residuos desconocidos”. La cantidad de residuos desconocidos en Othón P. Blanco se incrementaría drásticamente de 115 ton/día en el 2003 a 480 ton/día en el 2015 (ver Cuadro F-12). En Felipe Carrillo Puerto, la cantidad de residuos crecerá ligeramente de 50 ton/día en el 2003 a 73 ton/día en el 2015 debido a que la población del municipio es pequeña y no aumentaría mucho (ver Cuadro F-13). En Solidaridad, aunque actualmente la cobertura de recolección (82%) es la más alta entre los diferentes municipios, la cantidad de residuos desconocidos se incrementaría hasta 517 ton/día en el 2015, debido a las grandes expectativas de desarrollo esperado para el municipio (ver Cuadro F-14). La cantidad total de residuos desconocidos en los tres municipios en el 2015 será de 390,000 ton/año, lo cual quintuplica la cantidad de 73,000 ton/año del 2003 (ver Cuadro F-15).

La Figura F-2 muestra la cantidad de residuos desconocidos acumulados en el medio ambiente. Aunque estrictamente hablando, los residuos abandonados en el medio disminuirían debido a la descomposición biológica y otros medios, tales fenómenos son ignorados desde el punto de vista de verificar la carga ambiental máxima que representarían dichos residuos desconocidos. En Othón P. Blanco, los residuos desconocidos acumulados alcanzarían 1, 652,000 toneladas en el 2015 si no se toman medidas preventivas. Debido a que la cobertura de recolección actual es baja ($57\% = 150.1/265.5$), el sitio actual de disposición sería cerrado en pocos años, la población actual es la más grande de los tres municipios y se estima que incrementará en gran medida en el futuro. Aunado a esto, se anticipa un desarrollo turístico a gran escala en Costa Maya.

En Felipe Carrillo Puerto, la cantidad de residuos acumulados para el 2015 alcanzaría las 310,000 toneladas, lo cual constituye un quinto de los residuos de Othón P. Blanco, debido a que la población actual es pequeña y en el futuro seguiría el mismo patrón.

En Solidaridad, el porcentaje de residuos desconocidos acumulados sería menor al de Othón P. Blanco, ya que su población es más pequeña. La cobertura del servicio actual de recolección de residuos es alta y el sitio actual de disposición final, se espera sea usado hasta el 2010. Sin embargo, la cantidad acumulada se incrementaría rápidamente después del 2010, debido a la clausura del sitio de disposición y al desarrollo turístico. Se estima que la cantidad alcanzaría 1, 269,000 toneladas en el 2015.

En resumen, la cantidad de residuos abandonados en el medio ambiente en el 2015 en Othón P. Blanco sería la mayor de los tres municipios. Además, la cantidad acumulada se incrementaría rápidamente en el futuro cercano o después del 2005. En Solidaridad, la cantidad acumulada de residuos desconocidos sería ligeramente menor a la de Othón P. Blanco. Sin embargo, la tasa de incremento se aceleraría rápidamente después del 2010. Mientras tanto, la cantidad acumulada en Felipe C Puerto sería muy pequeña comparada con los otros dos municipios. En consecuencia, es necesario la preparación e implementación inmediata de un programa integral con la finalidad de evitar la acumulación de residuos desconocidos. En Solidaridad, tal acción no se requiere de manera urgente comparada con Othón P. Blanco. No obstante, algunas medidas deberían tomarse tan pronto como sea posible. En Felipe C. Puerto es recomendable tomar acciones gradualmente, en respuesta al incremento futuro en la cantidad de residuos.

Cuadro F-12: Cantidades Proyectadas de Residuos en Othón P Blanco sin un Plan Maestro

Unidad: ton/día

Año	2003	2005	2010	2015
Generación	265.5	311.4	411.0	479.1
Recolección	150.1	150.1	150.1	150.1
Disposición	150.1	150.1	0.0	0.0
Desconocido	115.4	161.3	411.0	479.1

Comentarios: Suponiendo que el sitio de disposición existente en Othón P. Blanco sería cerrado en el 2005.

Cuadro F-13: Cantidades Proyectadas de Residuos en Felipe C. Puerto sin un Plan Maestro

Unidad: ton/día

Año	2003	2005	2010	2015
Generación	61.6	64.2	69.1	72.7
Recolección	10.8	10.8	10.8	10.8
Disposición	10.8	10.8	0.0	0.0
Desconocido	50.8	53.4	69.1	72.7

Comentarios: Suponiendo que el sitio de disposición existente en Felipe C. Puerto sería cerrado en el 2005.

Cuadro F-14: Cantidades Proyectadas de Residuos en Solidaridad sin un Plan Maestro

Unidad: ton/día

Año	2003	2005	2010	2015
Generación	193.7	266.0	400.6	516.8
Recolección	159.0	159.0	159.0	159.0
Disposición	159.0	159.0	159.0	0.0
Desconocido	34.7	107.0	241.6	516.8

Comentarios: Suponiendo que el sitio de disposición existente en Solidaridad sería cerrado en el 2010.

Cuadro F-15: Cantidad de Residuos Desconocidos Proyectados sin un Plan Maestro

		Unidad: ton/día			
Año	2003	2005	2010	2015	
OPB	42,121	58,875	150,016	174,872	
FCP	18,542	19,491	25,222	26,536	
SOL	12,666	39,055	88,184	188,632	
Total	73,329	117,421	263,422	390,040	

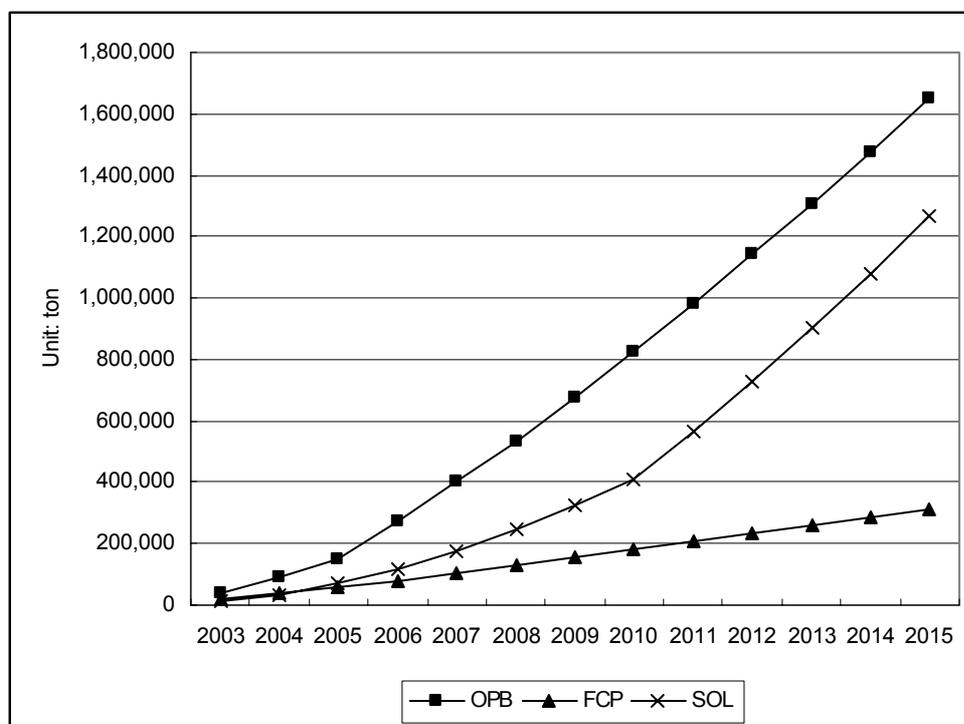


Figura F-2: Acumulación de Residuos Desconocidos sin un Plan Maestro

c. Amenazas para el Agua Subterránea

Esta sección presenta los grados de afectación o impactos adversos que los residuos desconocidos causarían en las aguas subterráneas.

Como se muestra en el Cuadro F-16 y la Figura F-3, la cantidad generada de DBO, originada a partir de los residuos sólidos en el área de estudio se estima en 2,364 ton/año en el 2003. Ésta se incrementaría a 12, 579 ton/año en el 2015, cantidad seis veces mayor que en el 2003. Se estima que el contribuyente más grande en la generación de DBO en el 2003 es Othón P. Blanco, cuya cantidad generada ocupa 57% del total. Sin embargo, para el año 2015, Solidaridad (48%) excedería a Othón P. Blanco (45%).

En resumen, si no se toman medidas preventivas en el futuro, el agua subterránea enfrentaría riesgos de contaminación debido a las grandes cantidades de DBO originadas de residuos sólidos. El grado de riesgo en el 2015 sería seis veces mayor que en el 2003. Siendo la mayor parte de la DBO generada en Othón P. Blanco y Solidaridad.

Cuadro F-16: Cantidad de DBO generada por Residuos Desconocidos

Unidad: ton/año

Año	2003		2005		2010		2015	
OPB	1,358	57%	1,899	50%	4,838	57%	5,640	45%
FCP	598	25%	629	17%	813	10%	856	7%
SOL	408	17%	1,260	33%	2,844	33%	6,083	48%
Total	2,364	100%	3,788	100%	8,495	100%	12,579	100%

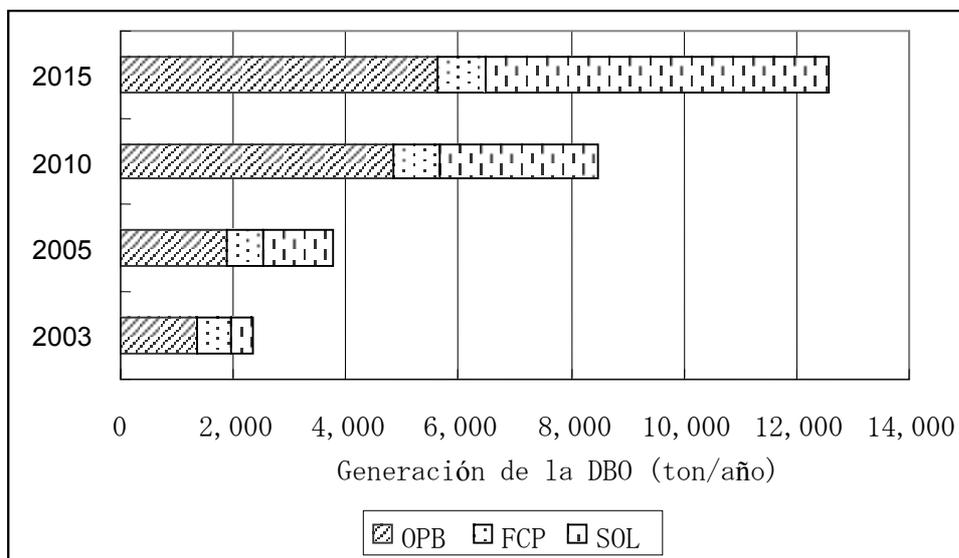


Figura F-3: Cantidad de DBO generada por Residuos Desconocidos

Capítulo G

Consideración de Alternativas

Contenido

Página:

G	Consideración de Alternativas	G-1
G.1	Consideración del Objetivo Principal.....	G-1
G.2	Manejo de Aguas Residuales.....	G-4
G.2.1	Consideración de Objetivos y Escenario de Metas.....	G-4
G.2.2	Consideración de Métodos de Tratamiento	G-6
G.2.3	Consideración del Marco de Manejo de Aguas Residuales.....	G-12
G.2.4	Selección de Métodos de Tratamiento.....	G-15
G.3	Manejo de Residuos Sólidos	G-16
G.3.1	Consideración de Objetivos y Escenario Meta (modificado)	G-16
G.3.2	Establecimiento de Escenarios Alternativos.....	G-31
G.3.3	Consideración de la Estructura de Manejo de Residuos Sólidos.....	G-45
G.3.4	Selección de un Sistema Óptimo	G-60

Listado de Cuadros

Página:

Cuadro G-1: Cantidad de agua subterránea que se estima dentro del área de estudio	G-2
Cuadro G-2: Cantidad Proyectada de generación de DBO	G-2
Cuadro G-3: Distribución de generación de DBO	G-3
Cuadro G-4: Eliminación de DBO requerida para el 2015	G-3
Cuadro G-5: Limite superior (cifra objetivo) de descarga de DBO para el 2015	G-3
Cuadro G-6: Generación de DBO por comunidad (2015)	G-4
Cuadro G-7: Calidad de agua tratada requerida	G-5
Cuadro G-8: Análisis de los resultados sobre la calidad de agua tratada requerida para el 2015G-5	
Cuadro G-9: Nivel de Tratamiento Meta de acuerdo al Tamaño de la Comunidad.....	G-7
Cuadro G-10: Costo del Reactor Anaerobio Nivel 2	G-8
Cuadro G-11: Ventajas y Limitaciones del Proceso de Lodos Activados	G-9
Cuadro G-12: Clasificación de Filtros de Percolación.....	G-10
Cuadro G-13: Ingresos y Gastos de CAPA por Aguas Residuales (Mill. Pesos)	G-13
Cuadro G-14: Métodos Propuestos de Tratamiento	G-15
Cuadro G-15: Número de Comunidades en Áreas Urbanas y Rurales	G-18
Cuadro G-16: Población en Áreas Urbanas y Rurales	G-18
Cuadro G-17: Cantidad Generada de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas y Rurales	G-19
Cuadro G-18: Comunidades Seleccionadas en el Plan Maestro	G-19
Cuadro G-19: Agrupamiento de Comunidades	G-20
Cuadro G-20: Consideración del Porcentaje de Recolección (Caso 1).....	G-21
Cuadro G-21: Consideración del Porcentaje de Recolección (Caso 2).....	G-21
Cuadro G-22: Desarrollo por Etapas para la Disposición de Residuos.....	G-22
Cuadro G-23: Aplicación del Desarrollo por Etapas para Disposición	G-24
Cuadro G-24: Composición de Residuos en Chetumal.....	G-29
Cuadro G-25: Composición de Residuos en la ciudad de FCP y Tulum	G-30
Cuadro G-26: Escenarios Alternativos	G-32
Cuadro G-27: Flujo de Residuos sin el P/M	G-33
Cuadro G-28: Flujo de Residuos del Escenario 1	G-34
Cuadro G-29: Flujo de Residuos del Escenario 2	G-35
Cuadro G-30: Flujo de Residuos del Escenario 3	G-36
Cuadro G-31: Flujo de Residuos del Escenario 4	G-37
Cuadro G-32: Flujo de Residuos del Escenario 5	G-38
Cuadro G-33: Cantidad Descargada de DBO de los Escenarios Alternativos.....	G-39
Cuadro G-34: Cantidad Descargada de DBO sin el Plan Maestro.....	G-39
Cuadro G-35: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 1	G-40
Cuadro G-36: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 2	G-40
Cuadro G-37: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 3	G-41
Cuadro G-38: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 4	G-41
Cuadro G-39: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 5	G-42
Cuadro G-40: Costos Aceptables en el Manejo de Residuos Sólidos en Países de América Latina de acuerdo con CEPIS.....	G-43
Cuadro G-41: Costos Típicos en el Manejo de Residuos Sólidos de Acuerdo al Nivel de Ingreso.....	G-43
Cuadro G-42: Costos del Manejo de Residuos Sólidos en los Municipios del Área de EstudioG-44	
Cuadro G-43: Costo Unitario de Recolección	G-44
Cuadro G-44: Costo Unitario del Tratamiento Intermedio	G-44
Cuadro G-45: Costo Unitario de Disposición	G-45
Cuadro G-46: Comparación de Costos de Escenarios Alternativos.....	G-45
Cuadro G-47: Datos Básicos para el Análisis Financiero	G-49
Cuadro G-48: Costos de los Escenarios Alternativos	G-50
Cuadro G-49: Costo del Manejo de Residuos Sólidos como porcentaje de la Producción BrutaG-50	

Cuadro G-50: Costo del Manejo de Residuos Sólidos relativo al Ingreso Familiar	G-51
Cuadro G-51: Potencial de Ingreso de Firmas Comerciales como 10% de Familias.....	G-52
Cuadro G-52: Potencial de Ingreso de Firmas Comerciales como 15% de Familias.....	G-52
Cuadro G-53: Potencial de Ingreso de Firmas Comerciales como 20% de Familias.....	G-53
Cuadro G-54: Potencial de Ingreso proveniente de Familias.....	G-54
Cuadro G-55: Consideraciones sobre el sistema legal.....	G-56
Cuadro G-56: Consideraciones sobre el sistema institucional.....	G-57
Cuadro G-57: Reestructuración de las unidades administrativas de los municipios.....	G-59
Cuadro G-58: Evaluación de los Escenarios Alternativos	G-61
Cuadro G-59: Sistema Técnico de MRS seleccionado	G-63

Listado de Figuras

Página:

Figura G-1: Concepto de Eliminación de DBO y Método de Tratamiento	G-6
Figura G-2: Demanda de Residuos Sólidos y Densidad Demográfica de la Comunidad ...	G-17
Figura G-3: Relación entre Tamaño de la Población, Densidad y Demanda de MRS.....	G-17
Figura G-4: Evaluación Ambiental del Desarrollo por Etapas del Sitio de Disposición Final	G-26
Figura G-5: Concepto de Minimización de Residuos.....	G-27
Figura G-6: Flujo de Residuos sin el Plan Maestro	G-33
Figura G-7: Flujo de Residuos del Escenario 1	G-34
Figura G-8: Flujo de Residuos del Escenario 2	G-35
Figura G-9: Flujo de Residuos del Escenario 3	G-36
Figura G-10: Flujo de Residuos del Escenario 4	G-37
Figura G-11: Flujo de Residuos del Escenario 5	G-38
Figura G-12: Correlación entre los Costos de Recolección y la Cantidad Recolectada de Residuos	G-43
Figura G-13: Marco del Manejo Integral de los Residuos Sólidos.....	G-46

G Consideración de Alternativas

G.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. A saber,

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

Ya se ha comprendido 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 aguas del subsuelo se encuentran estrechamente relacionadas con el ambiente costero como en los cenotes, cuevas y arrecifes coralinos dentro del área de estudio.

Aun y cuando existen varios indicadores que nos permiten conocer la carga contaminante que tiene su origen en las aguas residuales y en los desechos sólidos, es recomendable enfocarse en la generación de DBO durante la elaboración del 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. La cantidad de DBO se encuentra íntimamente relacionada con otros contaminantes como son los coliformes, nitrógeno y fósforo. Es por esto que el control en la cantidad de DBO nos lleva al control de los otros contaminantes.

a. Concentración de DBO en el agua subterránea

Como se mencionó en el capítulo 3, el estándar ambiental para los cuerpos de agua públicos define a la clase AA para la conservación del ambiente natural, en la cual la calidad del agua tiene una concentración de DBO del orden de 1 mg/litro y menos. Esta cantidad 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 como límite superior de descarga de DBO proveniente de las áreas de MAR y MRS la cantidad de 1mg/litro y menos, con la finalidad de controlar la concentración de DBO en el agua subterránea.

Se estima que la cantidad de aguas subterráneas dentro del área de estudio es del orden de los 5,237 millones de m³/año como se muestra en el Cuadro G-1. Para poder mantener la

concentración de DBO en 1 mg/litro y menos, el flujo de DBO hacia las aguas subterráneas debe ser de 5,237 ton/año o menos.

$$BOD = 5,237,000,000(m^3 / año) \times \left(\frac{1(mg / litro)}{1,000 \times 1,000} \right) = 5,237(ton / año)$$

Cuadro G-1: Cantidad de agua subterránea que se estima dentro del área de estudio

Unidad: millones m³/año

Aspecto	Othón P. Blanco	Felipe C. Puerto	Solidaridad	Total
Hacia el Mar	927.8	2,428.6	862.6	4219.0
Extracción	124.0	21.2	30.0	175.2
Fluye hacia otras áreas	811.8	31.0	0.0	842.8
Total	1,863.6	2,480.8	892.6	5,237.0

b. Generación de DBO

Se estima que la generación de DBO será de 18,719 ton/año en el sector de MAR y de 12,578 ton/año debida al MRS, lo que nos proporciona la cifra de 31,297 ton/año en total. Esta cantidad representa el doble del 2003 como se muestra en el Cuadro G-2.

De acuerdo con el Cuadro G-3, el 60% de la DBO provendrá del área de MAR y el 40% del área de MRS. De acuerdo al municipio, la generación de DBO será la siguiente: en Felipe C Puerto será mucho menor que en los otros municipios. Únicamente 8% de la DBO se generará en el municipio, mientras que Othón P Blanco y Solidaridad generarán cantidades considerables de DBO. Ambos municipios generan más del 40%. Más aún, la cantidad de DBO generada en Solidaridad se incrementará con mayor rapidez que en Othón P Blanco.

Cuadro G-2: Cantidad Proyectada de generación de DBO

Unidad: ton/año

	2003	2005	2010	2015
Agua residual				
OTHON P. BLANCO	4,535.9	5,392.5	7,140.7	8,263.4
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,254.5	1,303.6	1,393.0	1,456.6
SOLIDARIDAD	3,408.7	4,711.8	7,019.9	8,999.4
Total	9,199.1	11,407.9	15,553.6	18,719.4
Desechos sólidos				
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
Total	6,131.3	7,550.7	10,366.0	12,578.0
totales				
OTHON P. BLANCO	7,661.7	9,057.5	11,978.4	13,902.6
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,980.0	2,058.3	2,206.0	2,312.1
SOLIDARIDAD	5,688.7	7,842.8	11,735.2	15,082.7
Total	15,330.4	18,958.6	25,919.6	31,297.4

Cuadro G-3: Distribución de generación de DBO

Aspecto	2003	2005	2010	2015
Agua residual				
OTHON P. BLANCO	29.6%	28.4%	27.5%	26.4%
FELIPE CARRILLO PUERTO	8.2%	6.9%	5.4%	4.7%
SOLIDARIDAD	22.2%	24.9%	27.1%	28.8%
Total	60.0%	60.2%	60.0%	59.8%
Desechos sólidos				
OTHON P. BLANCO	20.4%	19.3%	18.7%	18.0%
FELIPE CARRILLO PUERTO	4.7%	4.0%	3.1%	2.7%
SOLIDARIDAD	14.9%	16.5%	18.2%	19.4%
Total	40.0%	39.8%	40.0%	40.2%
TOTAL	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

c. Limite superior de descarga de DBO

La cantidad generada de DBO para el 2015 se estima en 31,297 ton/año, mientras que el límite de descarga es de 5,237 ton/año para poder mantener la concentración de DBO en el agua subterránea en 1 mg/litro o menos. Por lo que, 26,060 ton/año de DBO deberán ser removidas.

Consecuentemente, se propone establecer límites de descarga aún menores, por debajo de los 3,132.3 ton/año en lo que respecta al área de MAR y de 2,104.7 ton/año en lo que se refiere al área de MRS.

Cuadro G-4: Eliminación de DBO requerida para el 2015

Aspecto	Cantidad de DBO a eliminar (ton/año)
Aguas residuales	15,587.1
Desechos sólidos	10,473.3
Total	26,060.4

Cuadro G-5: Limite superior (cifra objetivo) de descarga de DBO para el 2015

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

G.2 Manejo de Aguas Residuales

G.2.1 Consideración de Objetivos y Escenario de Metas

G.2.1.1 Objetivos Principales y Valores Meta

El objetivo principal del Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales (MAR) es:

Preservar las aguas subterráneas y el medio ambiente acuático costero en el área de estudio.

El valor meta es;

La descarga de DBO proveniente de las aguas residuales será menor de 3,100 ton/año para el 2015.

G.2.1.2 Valores Meta en Comunidades de Diferente Tamaño

En esta sección se consideran los mecanismos necesarios para poder atender a las comunidades que se encuentran dispersas dentro del área de estudio y que además varían en tamaño, con la finalidad de poder alcanzar el valor meta del objetivo principal.

a. Generación de DBO dependiendo del tamaño de la comunidad

En el 2015, la generación de DBO en comunidades con poblaciones menores de 100 habitantes es de únicamente 0.4%. Las poblaciones con un número de habitantes de entre 100 y 2,499 ocupa el 12.8% y las comunidades que cuentan con una población de 2,500 y más habitantes, ocupa el 86.6% como se indica en el Cuadro G-6.

Cuadro G-6: Generación de DBO por comunidad (2015)

Tamaño de la población	Población total	Cantidad de agua residual (m3/día)	Carga contaminante (DBO ton/año)	Aportación a la carga contaminante
Menos de 100	3,846	664.8	75.5	0.4%
100 a 499	19,431	3,361.7	383.7	2.0%
500 a 999	39,916	6,905.6	786.5	4.2%
1,000 a 1,499	28,631	4,952.8	564.0	3.0%
1,500 a 2,499	33,914	5,867.1	668.4	3.6%
2,500 a 4,999	37,229	6,440.6	733.8	3.9%
5,000 a 9,999	34,510	5,970.1	680.1	3.6%
10,000 a 19,999	37,428	6,475.0	737.7	3.9%
20,000 a 49,999	114,109	19,740.8	2,249.1	12.0%
50,000 a 99,999	76,088	13,163.3	1,499.7	8.0%
100,000 y mas	524,649	90,764.4	10,340.9	55.2%
Total	949,751	164,306.2	18,719.4	100.0%

b. Nivel de tratamiento de aguas residuales por tamaño de comunidad

La densidad poblacional es por lo general menor en las comunidades pequeñas y la carga contaminante generada por éstas puede ser absorbida por el ambiente circundante. Sin embargo, en las comunidades grandes la población es densa y la economía es activa; por tanto la carga contaminante generada por las comunidades grandes es más significativa en comparación con aquellas que se encuentran en el área rural.

No es una estrategia útil aplicar las mismas medidas para comunidades que varían en tamaño. Es por ello que se recomienda el establecimiento de objetivos dependiendo del tamaño de la comunidad como se muestra en el Cuadro G-7. Por ejemplo, un método simple de tratamiento puede ser utilizado en pequeñas comunidades mientras que tratamientos más avanzados se deben adoptar en comunidades grandes. Si se fijan dichas metas, la cantidad de DBO descargada al ambiente, con origen en el MAR, será de 3,026 ton/año como se muestra en el Cuadro G-8.

Cuadro G-7: Calidad de agua tratada requerida

Población por tamaño de comunidad	Calidad de agua requerida (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 G-8: Análisis de los resultados sobre la calidad de agua tratada requerida para el 2015

Tamaño de la población	Población total	Cantidad de agua residual (m3/día)	Carga contaminante (DBO ton/año)	Distribución de la carga contaminante	Calidad requerida de agua tratada (DBO mg/litro)	Descargas de carga contaminante (DBO ton/año)	Cantidad a reducir (DBO ton/año)
Menos de 100	3,846	664.8	75.5	0.4%	312.1	75.5	0.0
100 a 499	19,431	3,361.7	383.7	2.0%	150	184.1	199.6
500 a 999	39,916	6,905.6	786.5	4.2%	150	378.1	408.4
1,000 a 1,499	28,631	4,952.8	564.0	3.0%	150	271.2	292.8
1,500 a 2,499	33,914	5,867.1	668.4	3.6%	75	160.6	507.8
2,500 a 4,999	37,229	6,440.6	733.8	3.9%	75	176.3	557.5
5,000 a 9,999	34,510	5,970.1	680.1	3.6%	75	163.4	516.7
10,000 a 19,999	37,428	6,475.0	737.7	3.9%	50	118.2	619.5
20,000 a 49,999	114,109	19,740.8	2,249.1	12.0%	50	360.3	1,888.8
50,000 a 99,999	76,088	13,163.3	1,499.7	8.0%	30	144.1	1,355.6
100,000 y mas	524,649	90,764.4	10,340.9	55.2%	30	993.9	9,347.0
Total	949,751	164,306.2	18,719.4	100.0%	50.5	3,025.7	15,693.7

G.2.2 Consideración de Métodos de Tratamiento

Existen varios métodos de tratamiento de aguas residuales domésticas que consisten principalmente en materia orgánica como la DBO. Estos métodos de tratamiento se clasifican básicamente en dos categorías: tratamiento aerobio y tratamiento anaeróbico.

En el tratamiento anaerobio, la bacteria anaerobia utiliza procesos de digestión para la descomposición y eliminación de la materia orgánica.

El tratamiento aerobio oxida, descompone y elimina material orgánico utilizando suministro de oxígeno o a través de la aeración por medio de difusores. En comparación con el tratamiento anaerobio, el tratamiento aerobio obtiene alta calidad del agua tratada, aunque sin embargo requiere de energía para proveer oxígeno, lo cual ocasiona un alto costo en la construcción y operación de las instalaciones. La siguiente figura explica la diferencia entre el tratamiento aerobio y el tratamiento anaerobio en cuanto a la eliminación de DBO.

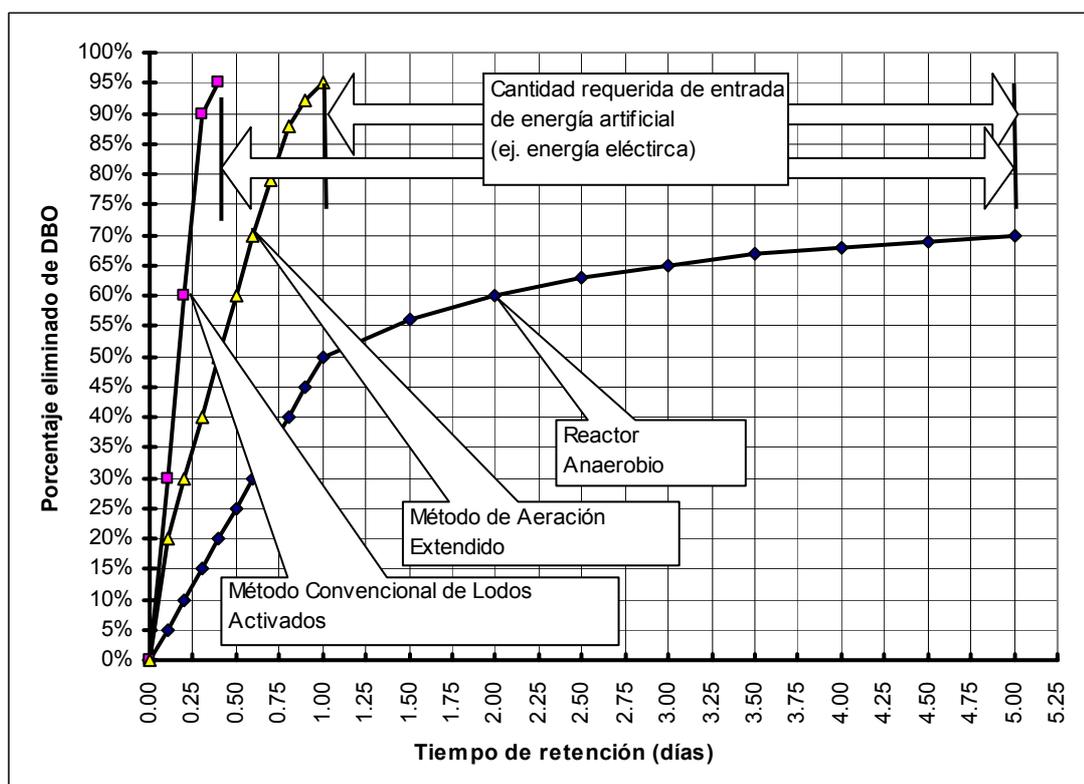


Figura G-1: Concepto de Eliminación de DBO y Método de Tratamiento

La calidad requerida del agua tratada se establece dependiendo del tamaño de la comunidad, tal como se muestra en el siguiente cuadro. Esta sección discute los métodos de tratamiento apropiados para comunidades de diferente tamaño, tomando en consideración la relación que existe entre el porcentaje de eliminación de DBO, los métodos de tratamiento y la energía requerida, tal como se esquematizó en la figura anterior.

Cuadro G-9: Nivel de Tratamiento Meta de acuerdo al Tamaño de la Comunidad

Nivel de tratamiento	Habitantes por comunidad	Meta requerida en la calidad del agua tratada y Porcentaje de eliminación de DBO	
		DBO (mg/litro)	Porcentaje de eliminación de DBO
Nivel 1	100 a 1,499	150	52 %
Nivel 2	1,500 a 9,999	75	76 %
Nivel 3	10,000 a 49,999	50	84 %
Nivel 4	Más de 50,000	30	90 %

G.2.2.1 Nivel 1

Debido a que la meta de calidad del agua tratada en el Nivel 1 es 52%, se recomienda adoptar el reactor anaerobio porque no requiere del suministro de energía y porque el costo de construcción no es elevado. Se calcula que el tiempo de retención para obtener el porcentaje deseado de eliminación de DBO en un tanque de reacción es de un día y se recomienda una carga volumétrica de DBO de 250g/m³/día o menos.

G.2.2.2 Nivel 2

La meta de calidad del agua tratada en el nivel 2 es 76%. Este nivel podría obtenerse a través de reactores anaerobios con 7 días de tiempo de retención. En el caso del Nivel 1, se asume que el tiempo de retención es de un día, mientras que para el Nivel 2 se requieren 7. Esto significa que el volumen requerido del reactor anaerobio en el Nivel 2 es casi 7 veces más que en el Nivel 1 por unidad de aguas residuales. Por su parte, CAPA está llevando a cabo algunos proyectos de drenaje en áreas rurales que utilizan reactores anaerobios y filtros aerobios. Debido a que el desempeño del sistema aún no se ha evaluado se estima que se podría alcanzar un 76% de eliminación de DBO de acuerdo al diseño.

Con la finalidad de seleccionar un método apropiado de tratamiento para el Nivel 2, se compararán los costos del método de tratamiento de reactor anaerobio y aerobio con el método de tratamiento de filtro aerobio, en una población de 1,499, es decir, una comunidad limítrofe entre el Nivel 1 y el Nivel 2.

Para obtener la calidad deseada del agua tratada en el Nivel 1, el volumen requerido en el reactor anaerobio para una población de 1,499 es de 323.3m³ y el tiempo de retención requerido es de 1.25 días. Debido a que se requieren 7 días de tiempo de retención para alcanzar la calidad del agua tratada en el Nivel 2, el volumen requerido en el reactor anaerobio es 5.6 veces mayor (7/1.25) que en el Nivel 1. El cuadro siguiente compara los costos de instalación y construcción del reactor anaerobio para una población de 1,4999 en los Niveles 1 y 2.

Cuadro G-10: Costo del Reactor Anaerobio Nivel 2

Población	Pozo de bombeo (pesos)	Reactor anaerobio (pesos)	Equipo (pesos)	Total (pesos)	Contingencias (pesos)	Total (pesos)
1,499(nivel 1)	294,000	584,000	132,000	1,010,000	202,000	2,222,000
1,499(nivel 2)	294,000	3,270,000	132,000	3,696,000	370,000	4,066,000

Los costos de instalación y construcción de los filtros anaerobios y aerobios se pueden obtener de la siguiente manera.

$$\text{Costo} = 4.0686Q + 1,227.5 \quad (R^2=0.8874)$$

Donde:

Costo : costo de construcción de la planta de tratamiento (1,000 pesos)

Q : capacidad de tratamiento de la planta de tratamiento (m³/día)

En caso de que la comunidad cuente con una población de 1,499 y la unidad de descarga sea de 173 litros/persona/día, la capacidad de tratamiento requerida será de 260 m³/día. Por consiguiente, los costos de la instalación y su construcción serán de 2, 285,000 pesos, cantidad mucho menor a la de los costos del reactor anaerobio que asciende a 4, 066,000 pesos.

En consecuencia, si el proceso alcanza el Nivel 2, el método de tratamiento de reactor anaerobio + filtro aerobio, es recomendable.

G.2.2.3 Nivel 3 y Nivel 4

El método de lodos activados y sus variantes, ya sean el filtro percolador y el contactor biológico rotativo, son métodos potenciales para alcanzar los porcentajes de eliminación de DBO establecidos para el Nivel 3 y el Nivel 4.

a. Método de Lodos Activados

El método de lodos activados es antiguo y tiene muchas variantes. El siguiente cuadro presenta un resumen de los principales métodos de lodos activados.

Cuadro G-11: Ventajas y Limitaciones del Proceso de Lodos Activados

Método de tratamiento	Ventajas	Limitaciones
Mezcla completa	<ul style="list-style-type: none"> • Común, resultados comprobados • Adaptable a muchos tipos de aguas residuales • Gran capacidad de dilución para descargas y cargas tóxicas • Demanda uniforme de oxígeno • El diseño es relativamente sencillo • Adecuado para cualquier equipo de aeración 	<ul style="list-style-type: none"> • Susceptible a volúmenes de lodo filamentosos
Tratamiento convencional tipo flujo- pistón (Lodos activados convencionales)	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso comprobado • Puede alcanzar un mayor nivel de eliminación de amoníaco que el proceso de mezcla completa • Adaptable a varios sistemas de operación que incluyen alimentador por pasos, diseño selecto y procesos aeróbicos/anóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> • El diseño y operación para la aeración adelgazada es más complejo. • Puede ser difícil la oferta de oxígeno a la demanda de oxígeno
Aeración extendida	<ul style="list-style-type: none"> • Alta calidad en los efluentes posibles • Diseño y operación relativamente sencillos • Capaz de tratar cargas tóxicas/ de choque • Lodo bien estabilizado; baja producción de bio sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de energía de aeración es alta • Tanques de aeración relativamente grandes • Adaptable principalmente a plantas pequeñas
Zanja de oxidación tipo carrusel	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso altamente confiable; operación simple • Capaz de tratar cargas tóxicas/ de choque sin afectar la calidad del efluente • Procesos económicos para plantas pequeñas • Utilizan menos energía que la aeración extendida. • Adaptable a posibles nutrientes • Lodo bien estabilizado; baja producción de bio sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes estructuras, requiere de grandes espacios • Bajo volumen de F/M • Algunos procesos de modificación de las zanjas de oxidación están patentadas y se requieren cuotas de licencia. • Requiere mayor energía de aeración que la mezcla completa convencional y tratamiento convencional tipo flujo pistón • La capacidad de expansión de la planta es más difícil
Reactor por lotes en secuencia	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso es simplificado; los clarificadores finales y el bombeo de lodos activados de retorno no se requieren • Instalación compacta • La operación es flexible; la eliminación de nutrientes puede alcanzarse a través de cambios operacionales • Puede operarse como un proceso selector para minimizar el potencial de volumen de lodos • Los asentamientos inmóviles mejoran la separación de sólidos (baja afluencia de SS) • Aplicable para una variedad de plantas de diferente tamaño 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de control es más complicado • El flujo alto puede interrumpir la operación a menos que se tome en cuenta en el diseño • La descarga de lotes puede requerir ecualización antes de la filtración y la desinfección • Se requieren mayores aptitudes de mantenimiento, aparatos de monitoreo y válvulas automáticas • Algunos diseños usan artefactos de aeración menos eficientes

Fuente: Waste Water Engineering Treatment and Reuse fourth edition, Matalcalf & Eddy, McGraw-Hill

La cantidad de aguas residuales a ser tratadas en el Nivel 3 no es abundante sino que oscila entre 1,700 y 1,800 m³/día. Por lo tanto, se recomienda el método de zanja de oxidación tipo carrusel debido al bajo consumo de energía y a su fácil operación, aunque este método requiere áreas más extensas que el método de aeración extendida.

Para el Nivel 4 se recomienda el método convencional de lodos activados debido a que la cantidad a tratar de aguas residuales es extensa.

b. Filtro de Percolación y Contactores Biológicos Rotativos

b.1 Filtro de Percolación

Los filtros de percolación se han utilizado para la provisión de tratamiento biológico de aguas residuales municipales e industriales por casi 100 años. El filtro de percolación es un reactor biológico de lámina fija no sumergida que utiliza un embalaje de plástico o roca sobre el cual el agua residual se distribuye continuamente. El tratamiento ocurre mientras el líquido fluye sobre la bio lámina atada. La profundidad del embalaje de roca oscila entre 0.9 y 2.5 m con un promedio de 1.8 m. Los lechos de filtro de roca son generalmente circulares y el líquido residual se distribuye por encima del lecho por un distribuidor de rotación. Muchos filtros de percolación convencionales que utilizan roca como material de embalaje han sido cambiados por embalajes de plástico porque incrementan la capacidad de tratamiento. Virtualmente, todos los filtros percoladores se construyen ahora con embalaje de plástico.

Los filtros de percolación que usan embalaje de plástico han sido construidos de diversas formas, tanto circulares como cuadradas, con profundidades que varían de 4 a 12 m. Además del embalaje, otros componentes del filtro percolador incluyen un sistema de aplicación de dosis de aguas residuales, una alcantarilla y una estructura para contener el embalaje. El sistema de alcantarilla es importante para recolectar el líquido efluente del filtro percolador y como estructura porosa a través de la cual el aire circula. El líquido recolectado se transporta al tanque de sedimentación donde los sólidos son separados del agua residual tratada.

Con base en terminología histórica, las aplicaciones y cargas del filtro de percolación se desarrollaron originalmente para diseños de filtros de rocas, como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro G-12: Clasificación de Filtros de Percolación

Aspecto	Tasa baja o estándar	Tasa intermedia	Tasa alta	Tasa alta
Tipo de embalaje	Roca	Roca	Roca	Plástico
Carga hidráulica (m ³ /m ² /día)	1 a 4	4 a 10	10 a 40	10 a 75
Carga orgánica (kg BOD/m ³ /día)	0.07 a 0.22	0.24 a 0.48	0.4 a 2.4	0.6 a 3.2
Proporción de recirculación	0	0 a 1	1 a 2	1 a 2
Reja móvil	Muchos	Varía	Pocos	Pocos
Desprendimiento	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continuo
Eficiencia en la eliminación de DBO (%)	80 a 90	50 a 80	50 a 90	60 a 90

Fuente: Wastewater Engineering Treatment and Reuse fourth edition, Mactcalf & Eddy, McGraw-Hill

Los porcentajes meta de eliminación de DBO son 85% en el Nivel 3 y 90% en el Nivel 4. Estos objetivos podrían obtenerse a través del método de alto porcentaje de filtro de percolación. Sin embargo, el método podría permitir la explosión de los filtros. Por consiguiente, el filtro percolador no es recomendable desde el punto de vista que causa molestias a áreas adyacentes aunque muestre un desempeño suficiente en la eliminación de DBO.

b.2 Contactores Biológicos Rotativos (CBR)

Hay varias similitudes entre las consideraciones de diseño de los CBR y las consideraciones descritas para los filtros de percolación. Ambos sistemas desarrollan una gran área superficial de bio lámina y dependen de transferencias masivas de oxígeno y sustratos del volumen del líquido y la bio lámina. La complejidad en las características físicas e hidrodinámicas requiere que el proceso de CBR se base en información fundamental de plantas pilotos e instalaciones de campo. Como en el caso de los filtros de percolación, la carga orgánica afecta la eficiencia en la eliminación de DBO y asimismo, la carga de nitrógeno afecta la eficiencia en la nitrificación después de que la concentración de DBO se alcanza. En contraste con el filtro de percolación donde el flujo de aguas residuales se aproxima a regímenes hidráulicos de tipo flujo pistón, las unidades de CBR son rotadas en un depósito que contiene aguas residuales, por lo que se necesitan depósitos de confusión separados para desarrollar los beneficios por etapas de un diseño de reactor biológico.

La historia de la instalación de CBR ha sido problemática debido a diseños mecánicos inadecuados y a la falta de completo entendimiento de los procesos biológicos. Han ocurrido fallas estructurales en ejes, discos y en sistemas de soporte de discos. El desarrollo de crecimiento excesivo en la bio lámina y problemas de desprendimiento han conducido a problemas de ejes, columnas y discos. Muchos de estos problemas se relacionan con la falta de conservatismo en el diseño y en los aspectos de escala de las plantas piloto a unidades de escala completa.

La eficiencia en la eliminación de DBO por los CBR es casi la misma o más que a través de los filtros de percolación. Sin embargo en Japón difícilmente se ha adoptado a gran escala debido a que implican algunos problemas como son el que una instalación de gran escala requiera de discos mayores; el peso en los ejes se vuelve excesivo; y el agua tratada resulta en alta turbiedad. Por consiguiente, no se recomienda usar los CBR a gran escala.

G.2.3 Consideración del Marco de Manejo de Aguas Residuales

G.2.3.1 Aspectos Financieros

a. Consideraciones Generales

Los ingresos por concepto de tratamiento de aguas residuales constituyeron solamente alrededor del 3% de los ingresos totales de CAPA entre el 2000 y el 2002, mientras que sus Costos de Operación fueron de alrededor del 7%. Más específicamente, los gastos en el tratamiento de aguas residuales variaron de 2.2 veces a 3.2 veces de los ingresos por concepto del servicio de tratamiento de aguas residuales.

La generación de aguas residuales fue estimada en 75% de la producción de agua, aproximadamente el doble del volumen del agua facturada. Las aguas residuales tratadas fueron estimadas en alrededor del 20% de la producción de agua y el 25% del agua residual generada. Aunque la tarifa del tratamiento de aguas residuales se ha fijado en 20% de la tarifa de agua, el monto recaudado fue relativamente pequeño debido posiblemente al bajo grado de conexión de las familias al sistema de alcantarillado. El agua residual tratada aumentó desde alrededor de 8.5 millones de m³ en 1999 a 10.9 millones de m³ en 2002, equivalentes a un crecimiento anual del 8.6%. Este crecimiento fue prácticamente igual al crecimiento anual del 8.4% registrado en la producción de agua, de 44.5 millones de m³ en 1999 a 56.7 millones de m³ en 2002.

Los gastos administrativos de CAPA constituyeron una proporción grande, el 55% de los gastos totales. El Costo de Operación de CAPA constituyó alrededor del 45% de los gastos totales, de los cuales el tratamiento de las aguas residuales constituyó alrededor del 7%. Además, el Costo de Mantenimiento de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales abarcó lo referente a componentes electromecánicos por alrededor del 0.8%, tubería de aguas residuales por alrededor del 0.4%, y control de calidad por alrededor del 0.5% de los gastos totales.

Bajo estas circunstancias, la actividad tratamiento de las aguas residuales fue negativa en términos financieros durante los últimos 3 años, como se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro G-13: Ingresos y Gastos de CAPA por Aguas Residuales (Mill. Pesos)

Aspecto	2000	2001	2002
Ingresos por Aguas Residuales	3.89	4.69	6.74
Gastos por Aguas Residuales	10.86	14.96	14.91
Costo de Operación	8.89	12.37	12.57
Costo de Mantenimiento: Electromec.	1.32	1.02	1.33
Costo de Mantenimiento: Tubería	0.23	0.74	0.33
Control de Calidad	0.42	0.83	0.68
Ingresos - Gastos	-6.97	-10.27	-8.17

Fuente: CAPA

El punto importante es el déficit financiero del servicio de tratamiento de aguas residuales, o cómo reducir la diferencia entre ingresos y gastos específicos del servicio.

b. Tarifas de Tratamiento de Aguas Residuales

Se presentan algunas recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica.

En las zonas turísticas, la población puede duplicarse o triplicarse durante los meses pico, creando un exceso de demanda para el tratamiento de las aguas residuales. Con el fin de enviar las señales correctas de precios para conservar la capacidad durante los meses pico, puede ayudar la imposición de recargos estacionales a las tarifas, para que reflejen el patrón de la demanda. Estos recargos a las tarifas deben ser aplicados a todos los usuarios del servicio durante los meses pico, sin excluir a los residentes habituales. A no ser que los usuarios durante los meses pico sepan anticipadamente que las tarifas serían substancialmente más altas que la tarifa normal, tendrán pocos incentivos para reducir la descarga de aguas residuales a través de la conservación del agua. Como la aplicación de tarifas diferentes según mes puede causar problemas administrativos a CAPA, una alternativa es que los proveedores de servicios turísticos asuman una parte de los costos de tratamiento de las aguas residuales.

Cuando no se reconocen diferencias importantes entre clases de usuarios, la estructura de tarifas puede contener subsidios cruzados que distorsionan la conducta de los usuarios. Puede resultar que los usuarios domésticos terminen subsidiando a las firmas industriales. A pesar de que las firmas industriales son las que descargan la mayoría de los contaminantes difíciles o imposibles de tratar, los subsidios cruzados pueden tener el resultado irónico de subsidiar a los contaminadores, violando el principio el que contamina paga.

Una tendencia común es querer que los nuevos usuarios del servicio de tratamiento de las aguas residuales paguen el costo total de la capacidad asociada a sus descargas. A no ser que

el costo de la capacidad limitada se cargue a todos los usuarios, no se enviarían las señales correctas de precio para que reduzcan el consumo de la capacidad limitada.

G.2.3.2 Sistema Legal

Las metas particulares que se pretenden lograr en el Plan Maestro se encuentran dentro del marco legal y de política vigente:

a. Preservación de la calidad del acuífero

Vertimiento: La calidad del vertimiento está regulada por la norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; y, por la norma NOM-002-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles en las descargas de las aguas residuales en los sistemas de alcantarillado urbano y municipal;

Conexiones: Los propietarios o poseedores de predios edificados, que por su naturaleza estén obligados al uso de agua potable, también están obligados a la conexión a la red de alcantarillado en los lugares donde exista este servicio, de acuerdo a la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.

b. Reducción de los riesgos de salud

Preservación de la salud: En la Constitución Política se garantiza la preservación del ambiente y la protección de la salud a todos los habitantes. Por medio de las actividades del Plan Maestro se fortalece la acción de los tres órdenes de gobierno para controlar y disminuir la alta incidencia de las enfermedades de origen hídrico.

G.2.3.3 Sistema Institucional

Tanto la CNA como la CAPA están participando activamente en el alcance del objetivo del Estudio con la participación de la SEMARNAT y la Secretaría de Marina.

La CNA ha puesto especial interés en las investigaciones que se realizan para lograr la información que sustente la normativa para el vertimiento de aguas residuales tratadas en pozos de inyección, en su carácter de órgano rector en materia de aguas nacionales; la CAPA en su rol de prestador del servicio de agua potable y alcantarillado ha redoblado sus esfuerzos para llevar adelante las obras que permitan ampliar la cobertura del alcantarillado y la promoción de las conexiones a la red.

G.2.3.4 Manejo

La CAPA está considerando el establecimiento de una unidad administrativa específica para promover la conexión a la red de alcantarillado, y, para este efecto, se realizan las gestiones para lograr una importante partida en el próximo presupuesto.

G.2.3.5 Participación del Sector Privado

El sector privado participa activamente en contrataciones de diseño y construcción de las obras; la CAPA no tiene prevista la participación del sector privado en el corto plazo. Se ha recomendado evaluar los resultados de la concesión de los servicios en Cancún dentro de una perspectiva económica y social.

G.2.3.6 Participación Pública

La participación del público es de vital importancia para alcanzar la meta de proteger el acuífero y garantizar la salud. Se están diseñando las estrategias para lograr su colaboración en lograr se conecten al servicio de alcantarillado.

G.2.4 Selección de Métodos de Tratamiento

De acuerdo a las discusiones previas, se recomiendan los siguientes métodos de tratamiento para los niveles respectivos.

Cuadro G-14: Métodos Propuestos de Tratamiento

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

G.3 Manejo de Residuos Sólidos

G.3.1 Consideración de Objetivos y Escenario Meta (modificado)

G.3.1.1 Objetivo Principal y Valor Meta

El Objetivo Principal del Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos (MRS) es:

Preservar el agua subterránea y el ambiente acuático costero del área de estudio.

El valor meta es:

La cantidad descargada de DBO originada de residuos sólidos debe ser menor a 2,100 ton/año para el 2015

G.3.1.2 Objetivos Particulares y Valores Meta

El Plan Maestro formulado debería estar dirigido a alcanzar el valor meta del objetivo principal, además, debería alcanzar los siguientes objetivos inherentes al manejo de residuos sólidos.

- *Provisión de un medio ambiente sanitario donde se vive:* removiendo residuos de viviendas y comunidades.
- *Mitigación de impacto ambiental causado por residuos:* depositando de manera adecuada los residuos recolectados.
- *Conservación de recursos:* contribuyendo al establecimiento de una sociedad orientada al reciclaje a través de la minimización de residuos.

Los objetivos particulares deberán tener valores meta con el siguiente marco temporal: i) el porcentaje de recolección es un indicador representativo de la provisión de medios ambientes sanitarios; ii) el nivel de disposición final puede mostrar el grado de mitigación de impacto ambiental causado por residuos; y iii) el porcentaje de minimización de residuos es un indicador entre otros que representa la conservación de recursos. A continuación se discutirán los valores meta tomando en consideración los tres objetivos anteriores.

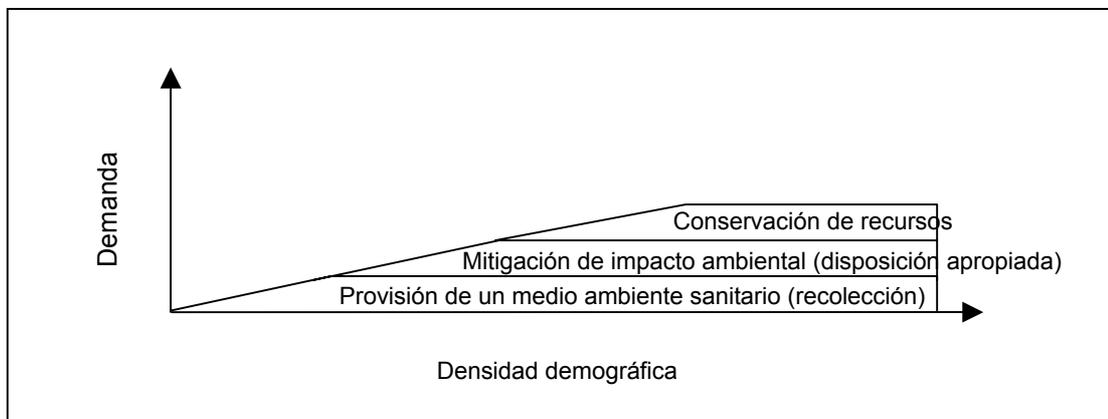
a. Aspectos del Escenario del Porcentaje de Recolección

a.1 Demanda del Manejo de Residuos Sólidos (nuevo)

La demanda en cuanto al manejo de residuos sólidos varía en el área de estudio, por ejemplo, pequeñas comunidades rurales pueden no requerir el servicio de recolección de residuos mientras que comunidades grandes como Chetumal y Playa del Carmen requieren niveles

altos en el MRS. La Figura G-2 presenta conceptos sobre la relación entre el tamaño de la población y las necesidades en el MRS.

Figura G-2: Demanda de Residuos Sólidos y Densidad Demográfica de la Comunidad



Además del tamaño de la población, la densidad demográfica se relaciona con el grado de demanda de MRS, especialmente en la “Provisión de un Medio Ambiente Sanitario Habitable”. Aún cuando la cantidad de habitantes de una comunidad sea pequeña, la eliminación de residuos de áreas residenciales es importante para mantener el área sanitaria en caso de mayor densidad poblacional. Entretanto, cuando el tamaño de la población es relativamente grande, la comunidad aún tiene medios para la auto disposición de residuos, por ejemplo, a través de su quema y/o entierro o en caso de baja densidad poblacional. La prioridad en el MRS debería darse en el siguiente orden: i) poblaciones grandes y alta densidad poblacional; ii) poblaciones pequeñas pero con altas densidades o poblaciones grandes pero con baja densidad; iii) poblaciones pequeñas con baja densidad. La siguiente figura esquematiza este concepto.

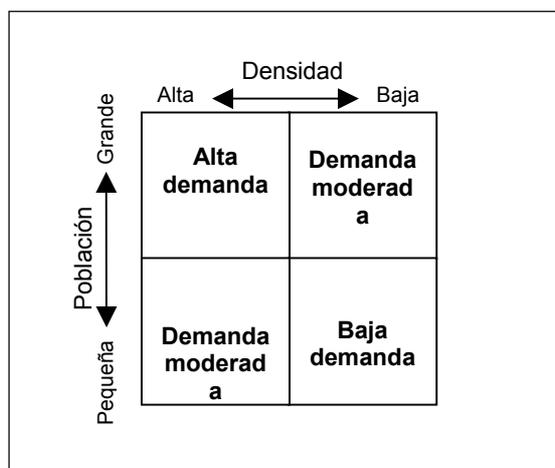


Figura G-3: Relación entre Tamaño de la Población, Densidad y Demanda de MRS

a.2 Comunidades Dispersas de Varios Tamaños en el Área de Estudio (modificado)

El área de estudio tiene una población de más o menos 500,000 habitantes en el 2003, dispersos en una superficie de 36,000 km². La población está distribuida en 288 comunidades y el tamaño de las localidades varía desde docenas hasta más de cien mil habitantes.

SEDUMA y CAPA consideran rurales a comunidades con menos de 2,500 habitantes y urbanas a aquellas con más de 2,500. El número de comunidades rurales está estimado en 273 en el 2003 y 264 en el 2015, las cuales ocupan más del 90% del número total de localidades como se muestra en el Cuadro G-15. Sin embargo, la población de las comunidades rurales ocupa únicamente el 25% en el 2003 y el 15% en el 2015 del total de población. Mientras tanto, el número de comunidades urbanas en el 2003 es de 15 y 24 para el 2015. No obstante, como se observa en el Cuadro G-16, la población de estas localidades ocupa el 75% en el 2003 y 85% en el 2015 del total de población. La cantidad de residuos generada por las comunidades urbanas representa más del 80% en el 2003 y casi el 90% en el 2015 del total de residuos producidos. Esto se puede apreciar con mayor detalle en el Cuadro G-17.

Como las figuras indican, el enfoque en comunidades urbanas para solucionar los problemas de MRS será efectivo y eficiente. Comunidades urbanas con población de 2,500 habitantes y más en el 2015 se muestra en el Cuadro G-18. PEDU agrupa a las comunidades tomando en cuenta aspectos de vecindad, relación económica, etc. y considera a esos grupos sistemas urbanos. En esta planeación, las 24 comunidades meta están reunidas en 10 grupos con base en sistemas urbanos de PEDU. El Cuadro G-19 muestra el agrupamiento.

Cuadro G-15: Número de Comunidades en Áreas Urbanas y Rurales

Año	2003		2015	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Rural (2,499 y menos)	273	94.8	264	91.7
Urbana (2,500 y más)	15	5.2	24	8.3
Total	288	100.0	288	100.0

Cuadro G-16: Población en Áreas Urbanas y Rurales

Año	2003		2015	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Rural (2,499 y menos)	110,571	25.4	130,408	14.6
Urbana (2,500 y más)	324,394	74.6	762,386	85.4
Total	434,965	100.0	892,794	100.0

Cuadro G-17: Cantidad Generada de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas y Rurales

Año	2003		2015	
	ton/día	%	ton/día	%
Tamaño de la Comunidad				
Rural (2,499 y menos)	94.7	18.2	122.7	11.5
Urbana (2,500 y más)	426.1	81.8	945.9	88.5
Total	520.8	100.0	1,068.6	100.0

Cuadro G-18: Comunidades Seleccionadas en el Plan Maestro

Comunidad		Población en el 2015
		(personas)
I. Othón P Blanco		
1	Álvaro Obregón	4,156
2	Bacalar	21,618
3	Calderitas	6,359
4	Chetumal	163,275
5	Ingenio Álvaro Obregón	4,585
6	Limonos	18,752
7	Mahahual	73,335
8	Maya Balam	3,048
9	Nicolás Bravo	4,854
10	Punta Pulticub	8,440
11	Sergio Butrón Casas	3,733
12	Xahuachol	18,000
13	Xcalak	8,440
14	Xul-ha	2,854
	Sub-total	341,449
II. Felipe C Puerto		
1	Chunhuhub	5,410
2	Felipe Carrillo Puerto	22,069
3	Señor	2,940
4	Tepich	2,627
5	Tihosuco	5,227
	Sub-total	38,273
III. Solidaridad		
1	Ciudad Chemuyil	21,335
2	Coba	3,000
3	Nuevo Akumal	100,000
4	Playa del Carmen	214,664
5	Tulum	43,665
	Sub-total	382,664
	Total	762,386

Cuadro G-19: Agrupamiento de Comunidades

Grupo urbano	Comunidad	Población (cantidad)
I. Othón P Blanco		
1	CALDERITAS	172,488
	CHETUMAL	
	XUL-HA	
2	ALVARO OBREGON	12,474
	INGENIO ALVARO OBREGON	
	SERGIO BUTRON CASAS	
3	NICOLAS BRAVO	4,854
4	BACALAR	43,418
	LIMONES	
	MAYA BALAM	
5	MAHAHUAL	108,215
	PUNTA PULTICUB	
	Xahuachol	
	XCALAK	
II. Felipe C Puerto		
6	FELIPE CARRILLO PUERTO	25,009
	SEÑOR	
7	CHUNHUHUB	5,410
8	TEPICH	7,854
	TIHOSUCO	
III. Solidaridad		
9	CIUDAD CHEMUYIL	379,664
	NUEVO AKUMAL	
	PLAYA DEL CARMEN	
	TULUM	
10	COBA	3,000
Total		762,386

a.3 Valores Meta del Porcentaje de Recolección (nuevo)

Tomando en consideración las demandas del servicio de MRS en cuanto a la eficiencia y efectividad de la recolección y disposición, se debería priorizar la realización adecuada del manejo de residuos sólidos en comunidades con gran población o comunidades urbanas. Sin embargo, aún en estas localidades las áreas marginales no requieren a menudo del servicio regular en la recolección. Esta situación podría tomarse en cuenta al momento de establecer las metas de porcentaje en la cobertura de la recolección. En el caso de comunidades rurales, los servicios especiales que cumplen con la demanda de MRS se deberían tomar en consideración.

La discusión previa ofrece las siguientes dos opciones en cuanto al establecimiento de metas en la cobertura de la recolección.

1. 100% de cobertura en la recolección en todas las comunidades urbanas.

2. De 80% a 100% en la cobertura de recolección dependiendo de la densidad demográfica de una comunidad.

Ambos casos consideran la recolección especial de las comunidades rurales tomando en cuenta su demanda.

Cuadro G-20: Consideración del Porcentaje de Recolección (Caso 1)

Población (cantidad)	Porcentaje de Recolección
1 – 2,499	0%
2,500 - 7,999	80%
8,000 - 34,999	90%
34,999 - 99,999	95%
100,000 -	100%

Cuadro G-21: Consideración del Porcentaje de Recolección (Caso 2)

Población (cantidad)	Porcentaje de Recolección
1 – 2,499	0%
2,500 -	100%

b. Aspectos a Considerar al Establecer el Nivel de Disposición Final

b.1 Desarrollo por etapas para la Disposición de los Residuos

La cantidad de DBO originada de residuos sólidos puede reducirse considerablemente a través de la aplicación de procedimientos de disposición adecuados. El agua de lluvia se vierte sobre los residuos sólidos y aquella que excede su capacidad de retención conlleva al aumento en la cantidad de lixiviados. Los lixiviados, que han entrado en contacto con residuos, han sido contaminados y contienen altas concentraciones de DBO, por lo que contaminan el suelo, las aguas subterráneas subyacentes y los sitios de disposición de los alrededores. Por consiguiente, la reducción en la cantidad de agua de lluvia que entra en contacto con los residuos sólidos es la medida más efectiva para minimizar la proporción de DBO.

El método más efectivo para reducir la cantidad de DBO generada es a través de los rellenos sanitarios. En la implementación de estos rellenos, los residuos sólidos se compactan, se controla la infiltración del agua pluvial hacia los residuos sólidos con suelo de cobertura, lo que conlleva a una reducción notable de la cantidad de lixiviado generado. Además, los rellenos sanitarios con sistemas de tratamiento reducen la cantidad generada de DBO y otros contaminantes que se encuentran en los lixiviados a un grado en el que el efluente no causa impactos adversos serios al medio ambiente. No obstante, a pesar de que este tipo de relleno sanitario es deseable, su construcción y operación requiere de una gran inversión monetaria y

un alto nivel de tecnología. En el área de estudio, no se cuenta aún con un modelo sofisticado de relleno sanitario. En el Cuadro G-22 se recomienda el desarrollo por etapas de la disposición de residuos hasta alcanzar el nivel de relleno sanitario.

Cuadro G-22: Desarrollo por Etapas para la Disposición de Residuos

Nivel de Disposición	Contenido
0:Vertedero a cielo abierto	<ul style="list-style-type: none"> • Sin control • Los residuos son esparcidos en todo el botadero a cielo abierto. • No existe ningún sistema de drenaje pluvial • Se genera una gran cantidad de lixiviados • No existe control de biogás (incendios, descomposición lenta de residuos) • Mala condición de lixiviados debido a condiciones anaeróbicas
1:Vertedero de descarga controlada	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del ingreso de residuos: para medir la cantidad de disposición, para controlar residuos peligrosos, etc. • Camino de acceso, camino dentro del sitio: para asegurar el acceso al área de descarga • Equipo para relleno: con el propósito de acumular residuos
2:Vertedero en sitio cerrado	<ul style="list-style-type: none"> • Cerca: para prohibir que personas no autorizadas entren al sitio • Dique: para evitar que los residuos sean esparcidos, para prevenir que se filtre agua • Zona de Amortiguamiento: para reservar espacio suficiente con la propiedad adyacente • Drenaje pluvial: en los alrededores y dentro del sitio
3:Relleno sanitario con control de gas	<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta de tierra: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir incendios y mal olor, para minimizar filtración pluvial, para mejorar la estética • Instalación para la evacuación de gases: para prevenir incendios y explosiones, para fomentar la descomposición de residuos • Báscula camionera: importante para MRS
4:Relleno sanitario con control de lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> • Capa impermeabilizante del fondo: para evitar la filtración de lixiviados en el subsuelo (contaminación de aguas subterráneas) • Instalación para la recolección de lixiviados: para recolectar y descargar lixiviados al exterior • Sistema de tratamiento de lixiviados: para tratar lixiviados hasta cierta calidad que no causen impactos ambientales serios

b.2 Comparación de la Reducción de DBO

Como se muestra a continuación, la reducción en la cantidad de DBO se considera para cada nivel de disposición de residuos; para este fin, se supone la altura de llenado, densidad de los residuos después de la compactación, etc. Los cálculos se muestran a continuación:

Suposiciones generales

- Concentración de DBO de lixiviados 10,000 mg/litro
- Lluvia 1.29 m/año
- Porcentaje de filtración 0.34
- Remoción de DBO 90%
- Factor de seguridad 2

Cálculo

Aspecto	A (m)	B (ton/m ³)	V (m ³)	A (m ²)	P (m ³ /año)	Bo (Kg./año)	Mo (Kg./año)	Razón (%)
Vertedero a cielo abierto	2	0.2	5.0000	2.5000	3.2250	32.250	32.250	100.00
Vertedero controlado	4	0.4	2.5000	0.6250	0.8063	8.063	16.126	50.00
Vertedero cerrado	8	0.5	2.0000	0.2500	0.3225	3.225	6.450	20.00
Relleno con control de gas	16	0.6	1.6667	0.1042	0.1344	1.344	2.688	8.33
Relleno con control de lixiviados	16	0.6	1.6667	0.1042	0.0457	0.046	0.092	0.29

A:	Altura de los residuos depositados	m
B:	Densidad de los residuos	ton/m ³
V:	Volumen por ton de residuos	m ³
A:	Área por ton de residuos	m ²
P:	Cantidad de Percolación pluvial	m ³ /año
Bo:	Cantidad de DBO por tonelada de residuos	Kg./año
Mo:	DBO modificado por el factor seguridad	Kg./año

De acuerdo al cálculo, suponiendo que la cantidad de DBO de un vertedero a cielo abierto representa el 100%, un vertedero controlado reduciría la cantidad de DBO hasta un 50%, un vertedero cerrado hasta un 20%, un relleno con control de gas hasta un 8.33% y un relleno con control de lixiviados hasta un 0.29%.

b.3 Aplicación del Desarrollo por Etapas para la Disposición en Grupos Urbanos.

Esta sección discute como aplicar el desarrollo por etapas de disposición de residuos a grupos urbanos.

El grado de demanda del manejo de residuos sólidos es proporcional al tamaño de la población. Si la cantidad de residuos descargada es pequeña, no se ocasionan impactos adversos serios al medio ambiente; dichos impactos se reducirían con la capacidad de auto purificación del medio. Sin embargo, si la cantidad de residuos incrementa, el ambiente no podría tolerarlo. Por consiguiente, deben tomarse medidas que minimicen el impacto hasta un nivel que no deteriore el medio ambiente.

Entretanto, mientras más sofisticadas sean las formas de disposición (Ej. Un relleno sanitario), mayores serán los gastos; especialmente, los costos fijos de construcción y los de procuración de instalaciones incrementan. Incluso si la misma cantidad de dinero por persona se paga para el manejo de residuos sólidos, las cantidades registradas en una comunidad pequeña y en una grande son muy diferentes. Es decir, una comunidad pequeña no puede pagar por un relleno sanitario sofisticado.

Tomando en consideración los dos puntos mencionados con anterioridad, el aspecto ambiental y el aspecto financiero, se presentan en el Cuadro G-23 dos casos que muestran cómo aplicar el desarrollo por etapas de la disposición de residuos. L1 se aplica a vertederos

controlados, vertederos cerrados, rellenos con control de gas y rellenos sanitarios con control de lixiviados de acuerdo al tamaño de la población. L2 representa rellenos sanitarios con control de lixiviados para todos los grupos urbanos sin importar la densidad demográfica.

Cuadro G-23: Aplicación del Desarrollo por Etapas para Disposición

Población	L1	L2
1 - 2,499	0	0
2,500 - 7,999	1	4
8,000 - 34,999	2	4
34,999 - 99,999	3	4
100,000 -	4	4

- 0: Vertedero a cielo abierto
- 1: Vertedero de descarga controlada
- 2: Vertedero en sitio cerrado
- 3: Relleno sanitario con control de gas
- 4: Relleno sanitario con control de lixiviados

Grupo Urbano	Comunidades	Población (cantidad)	L0	L1	L2	L3
1	CALDERITAS, CHETUMAL, XUL-HA	172,488	0	3	4	4
2	ALVARO OBREGON, INGENIO ALVARO OBREGON, SERGIO BUTRON CASAS	12,474	0	2	2	3
3	NICOLAS BRAVO	4,854	0	1	1	2
4	BACALAR, LIMONES, MAYA BALAM	43,418	0	3	3	4
5	MAHAHUAL, PUNTA PULTICUB, XAHUACHOL, XCALAK	108,215	0	3	4	4
6	FELIPE CARRILLO PUERTO, SENOR	25,009	0	2	2	3
7	CHUNHUHUB	5,410	0	1	1	2
8	TEPICH, TIHOSUCO	7,854	0	1	1	2
9	CIUDAD CHEMUYIL, NUEVO Akumal, PLAYA DEL CARMEN, TULUM	379,664	0	3	4	4
10	COBA	3,000	0	1	1	2
91	Comunidades rurales	130,408	0	0	0	0

b.4 Evaluación Ambiental del Desarrollo por Etapas del Sitio de Disposición Final

El resultado de la evaluación ambiental del Desarrollo por Etapas del Sitio de Disposición Final se despliega en la página siguiente. Los aspectos ambientales han sido citados siguiendo los lineamientos ambientales de JICA. La siguiente es una descripción de los resultados de la evaluación.

Nivel 0: Vertedero a cielo abierto

La quema de residuos y el humo que genera contamina el aire; por otra parte, el lixiviado contamina el agua superficial y el agua subterránea. Además, hay un olor desagradable en toda el área y la dispersión de residuos y el humo degradan el área desde la perspectiva estética. La salud pública se ve amenazada debido a la contaminación tanto del aire como del agua subterránea.

Nivel 1: Vertedero de descarga controlada

Una vez que la descarga se controla, el problema de residuos mejora. La acumulación de residuos y la reducción de áreas donde se descarga el residuo conlleva a una reducción en la cantidad de lixiviados. Sin embargo, la salud pública se ve expuesta a condiciones adversas y los incendios no pueden ser controlados.

Nivel 2: Vertedero en sitio cerrado.

Una zona de amortiguamiento puede ser una forma de mitigar el impacto adverso sobre el paisaje. Además, debido a que la construcción del drenaje reduce la cantidad de agua de lluvia filtrada hacia el subsuelo las amenazas hacia la salud pública se reducen un poco. El manejo de los residuos sólidos es completamente controlado al utilizarse una báscula. Sin embargo, la contaminación del aire y del agua no se da por terminada.

Nivel 3: Relleno sanitario con control de gas

La cobertura de la suelo puede reducir la producción de lixiviados y la generación de malos olores. El fuego es mitigado como resultado de un manejo en la remoción de gases. La influencia de los lixiviados no puede ser lo suficientemente eliminada como para resolver el problema de la salud pública.

Nivel 4: Relleno sanitario con control de lixiviados

La filtración en el subsuelo de los lixiviados puede ser prevenida a través de una capa impermeabilizante en el fondo que los recolecta y trata; como consecuencia, no se espera que ocurran impactos significativos.

Aspectos Medio Ambientales		Medio Ambiente Social	Resentamiento	Actividades Económicas	Tarifas e Instalaciones Poblacionales	División de la Comunidad	Propiedad Cultural	Derechos de Agua / Acceso a Recursos	Salud Pública	Residuos	Riesgos/Peligros	Medio Ambiente Natural	Topografía y Geografía	Erosión del Suelo	Aguas subterráneas	Situación Hidrológica	Zona Costera	Fauna y Flora	Meteorología	Paisaje / Estética	Contaminación	Contaminación del Aire	Contaminación del Agua	Contaminación del Suelo	Ruido y Vibraciones	Hundimiento de la tierra	Más de 0 hrs
<p>Concepto de Desarrollo por Etapas de un Sitio de Disposición Final</p> <p>Sin control</p> <ul style="list-style-type: none"> Los residuos se encuentran esparcidos en toda el área No existe un sistema de drenaje para aguas de lluvia Existe una gran cantidad de lixiviados No existe control de biogas (fuego, lenta anaeróbica Existe alta calidad de los lixiviados debido a la actividad anaeróbica 									●	●	●									●	●	●	●				●
0	<p>Tiradero a Cielo Abierto</p> <ul style="list-style-type: none"> Inspección de la entrada de basura: para medir la cantidad de disposición, para controlar los camión de entrada, camión en sitio: para asegurar el acceso al área de descarga Equipo de Relleno Sanitario: para acumular los residuos Cerca: para prohibir la entrada a personas no deseadas: para evitar que la basura se espasee, para prevenir la basura que entrará Buffer: para mantener un espacio suficiente con la propiedad adyacente Drenaje: en los alrededores y dentro del sitio Áspera: importante para el MRS 								○	○	○									○	○	○	○				○
1	<p>Tiradero de descarga controlada</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubierta de tierra: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir el fuego y los malos olores, para disminuir la infiltración de agua de lluvia, para mejorar las condiciones estéticas Instalaciones para la recolección de gas: para prevenir el fuego y explosiones, para alentar la descomposición de los residuos Capa impermeabilizante: para prevenir la infiltración de lixiviados en la tierra (contaminación de aguas subterráneas) Instalaciones de recolección de lixiviados: para recolectar y descargar los lixiviados hacia afuera Instalaciones de tratamiento de lixiviados: para dar un tratamiento a los lixiviados de tal manera que se asegure que no generen un serio impacto ambiental 								○	○	○									○	○	○	○				○
2	<p>Tiradero en sitio cerrado</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubierta de tierra: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir el fuego y los malos olores, para disminuir la infiltración de agua de lluvia, para mejorar las condiciones estéticas Instalaciones para la recolección de gas: para prevenir el fuego y explosiones, para alentar la descomposición de los residuos Capa impermeabilizante: para prevenir la infiltración de lixiviados en la tierra (contaminación de aguas subterráneas) Instalaciones de recolección de lixiviados: para recolectar y descargar los lixiviados hacia afuera Instalaciones de tratamiento de lixiviados: para dar un tratamiento a los lixiviados de tal manera que se asegure que no generen un serio impacto ambiental 								○	○	○									○	○	○	○				○
3	<p>Relleno sanitario con manejo de gas</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubierta de tierra: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir el fuego y los malos olores, para disminuir la infiltración de agua de lluvia, para mejorar las condiciones estéticas Instalaciones para la recolección de gas: para prevenir el fuego y explosiones, para alentar la descomposición de los residuos Capa impermeabilizante: para prevenir la infiltración de lixiviados en la tierra (contaminación de aguas subterráneas) Instalaciones de recolección de lixiviados: para recolectar y descargar los lixiviados hacia afuera Instalaciones de tratamiento de lixiviados: para dar un tratamiento a los lixiviados de tal manera que se asegure que no generen un serio impacto ambiental 								○	○	○									○	○	○	○				○
4	<p>Relleno sanitario con manejo de lixiviados</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubierta de tierra: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir el fuego y los malos olores, para disminuir la infiltración de agua de lluvia, para mejorar las condiciones estéticas Instalaciones para la recolección de gas: para prevenir el fuego y explosiones, para alentar la descomposición de los residuos Capa impermeabilizante: para prevenir la infiltración de lixiviados en la tierra (contaminación de aguas subterráneas) Instalaciones de recolección de lixiviados: para recolectar y descargar los lixiviados hacia afuera Instalaciones de tratamiento de lixiviados: para dar un tratamiento a los lixiviados de tal manera que se asegure que no generen un serio impacto ambiental 								○	○	○									○	○	○	○				○

● In pacto significativo ○ In pacto no significativo

Figura G-4: Evaluación Ambiental del Desarrollo por Etapas del Sitio de Disposición Final

c. Aspectos al Establecer la Minimización de Residuos

La minimización de residuos es actualmente el problema central en el Manejo de Residuos Sólidos. Los países desarrollados han marcado la pauta en cuanto a la minimización; sin embargo, se espera que otros países sigan el ejemplo ya que la minimización de residuos es una de las medidas más efectivas para preservar los recursos naturales, prevenir el calentamiento global, reducir las sustancias peligrosas y disminuir los costos en el MRS.

c.1 El Concepto de Minimización de Residuos

La minimización de residuos posee un sentido amplio que incluye el Control en la Generación, Control en la Descarga y la Recuperación de Recursos como se aprecia en la siguiente figura.

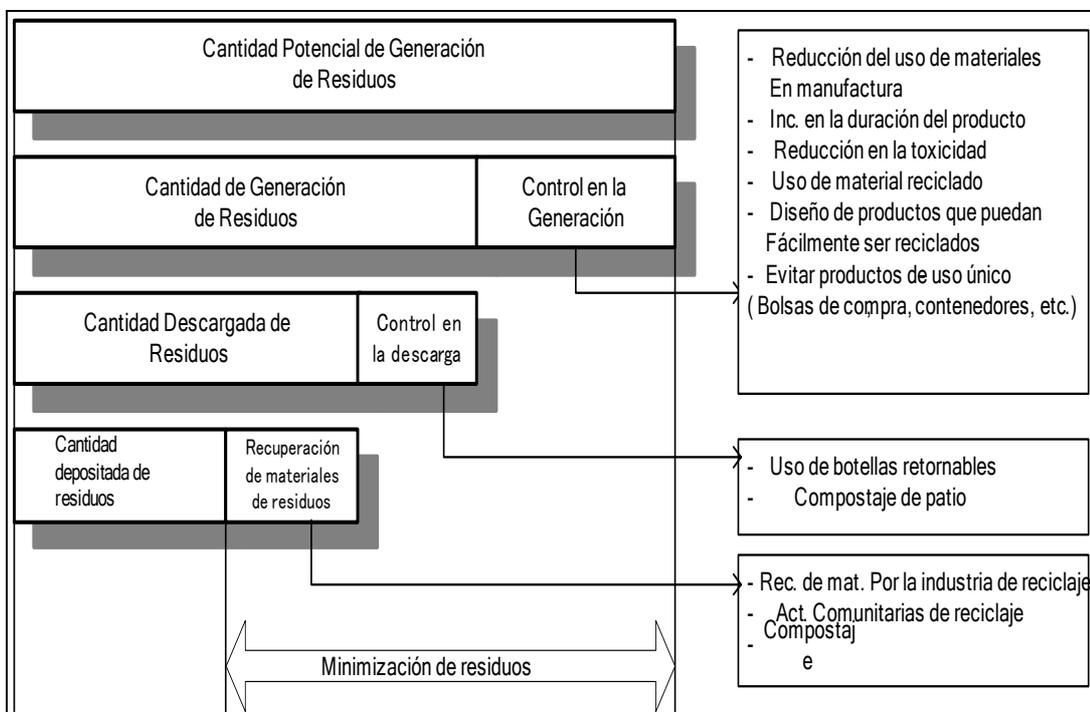


Figura G-5: Concepto de Minimización de Residuos

Es de conocimiento común en el mundo que el orden prioritario de la política de MRS es 1) “Reducir”, 2) “Reusar”, 3) “Reciclar”.

El “Control en la Generación” es igual a la reducción y se le debería dar la primera prioridad. El “Control en la Descarga” practica el reuso y/o reciclaje en todas las fuentes de generación de residuos. Como ambas medidas intentan reducir los residuos descargados en la fuente de generación, se les conoce como “Reducción en la Fuente”.

La “Recuperación de Recursos” se refiere a actividades que buscan recuperar recursos de residuos descargados. Se le conoce generalmente como “Reciclaje” y a menudo se divide en “Recuperación de Material” y “Recuperación de Energía”.

En este contexto, el “Control en la Generación” y el “Control en la Descarga” significan “Reducción en la Fuente” y la “Recuperación de Recursos” equivale a “Reciclaje”.

c.2 Hacia la Minimización de Residuos en México

En octubre de 2003 se promulgó la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”. Esta ley enfatiza los siguientes cuatro puntos:

- La prevención en la generación de residuos
- La valorización de los residuos
- El manejo integral de los residuos
- El compartir responsabilidades

Además, antes de la promulgación de la ley se desarrolló la campaña de MRS conocida como “México Limpio” y se tomaron varias medidas a nivel federal, estatal y municipal. Podría decirse que el ambiente político para la minimización de residuos ha iniciado en México.

c.3 Costos de Disposición

Uno de los principales motivos por los que el reciclaje es factible en países desarrollados es el alto costo de la disposición de residuos. La minimización de residuos reduce los costos de disposición así como también la cantidad de residuos vertidos y compensa los costos de reciclaje.

Sin embargo, los costos de disposición no son tan elevados en países en desarrollo como para compensar los costos de reciclaje. En este caso, el reciclaje aumenta la carga financiera y cesa su operación.

c.4 Composición de Residuos

La composición de residuos en el Área de estudio comprende casi 30% de residuos compostables. El compostaje de patio es una medida efectiva para reducir los residuos en la fuente de generación. En el caso del reciclaje, la composición de residuos indica que cerca del 30% de los residuos son reciclables. Los siguientes cuadros muestran la composición de residuos en el área de estudio.

Cuadro G-24: Composición de Residuos en Chetumal

Reciclaje		Composición	Porcentaje (%)
No reciclable		Hueso	0.50
		Goma	4.81
		Textiles	4.48
		Plástico duro	2.89
		Productos sanitarios	11.09
		Lámina de plástico	0.14
		Polvo	8.95
		Otros	9.07
Sub-total			41.93
Reciclable	Reciclable	Fierro	0.33
		Latas	2.80
		Vidrio de colores	1.23
		Vidrio transparente	3.54
		cartón	3.77
		papel	9.68
		sub-total	21.35
	Composta	Residuos de jardín	23.48
		Residuos de cocina	13.24
		sub-total	36.72
Sub-total			58.07
Total			100.00

Cuadro G-25: Composición de Residuos en la ciudad de FCP y Tulum

Reciclaje	Material	Ciudad de FCP	Tulum	
No reciclable	Algodón	0.02	0.02	
	Cartón encerado	2.21	1.89	
	Cerámica, azulejos	0.42	0.14	
	Piel	0.08	0.25	
	Hueso	0.63	0.36	
	Goma	6.88	6.73	
	Llanta	0.00	0.00	
	Residuo de construcción	1.20	1.09	
	Productos sanitarios	9.81	9.90	
	Lamina de plástico	0.09	0.01	
	Plástico duro	2.66	1.57	
	Polvo	6.89	2.48	
	Textiles	2.63	2.61	
	Unicel	0.20	0.68	
	Zapatos	0.63	2.56	
Otros	0.00	0.00		
Sub-total		34.35	30.29	
Reciclable	Reciclable	Aluminio	0.21	0.42
		Metales	1.46	0.71
		Cartón	6.51	5.14
		Latas	1.70	3.33
		Fierro	0.58	1.02
		Papel	8.27	4.76
		PET	5.21	5.21
		Vidrio de color	3.97	2.08
		Vidrio transparente	7.01	8.18
		Sub-total	34.92	30.85
	Composta	Madera	1.10	0.79
		Residuos de jardín	14.89	11.31
		Residuos de cocina	14.74	26.76
		Sub-total	30.73	38.86
Sub-total		65.65	69.71	
Total		100.00	100.00	

c.5 Porcentaje de Minimización de Residuos

Cerca del 60% de los residuos son potencialmente reciclables. Sin embargo, prácticamente no todos pueden ser reciclados debido a que algunos materiales están contaminados o porque algunos materiales orgánicos no se descomponen rápidamente o no son adecuados para compostaje. El grado de reciclaje puede fomentarse a través de la promoción y/o educación. Tomando en consideración lo antes mencionado, las siguientes cuatro opciones pueden ser concebidas.

- 0% de minimización de residuos: ninguna medida para la minimización de residuos

- 2.5% de minimización de residuos: cambios en la conducta de consumo a través de la educación ambiental.
- 15% de minimización de residuos: reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental;
- 25% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas).
- 40% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas); 15% de recuperación de material.

G.3.2 Establecimiento de Escenarios Alternativos

Esta sección contempla algunos escenarios técnicos alternativos tomando en consideración las características del Área de Estudio. El requisito mínimo es alcanzar el objetivo principal, es decir, menos de 2,100 ton/año en la cantidad descargada de DBO en el 2015.

G.3.2.1 Escenarios alternativos

Se plantean los siguientes cinco escenarios. El contenido de los escenarios explica las situaciones a alcanzar en el 2015.

Escenario 1: Sistema Convencional

- 0% de minimización de residuos: ninguna medida para la minimización de residuos
- 100% en el porcentaje de recolección en el área urbana
- Se adoptan rellenos sanitarios en toda el área urbana

Escenario 2: Sistema Orientado al Reciclaje Conservador

- 2.5% de minimización de residuos: cambio en la conducta de consumo a través de educación ambiental.
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Escenario 3: Sistema Orientado al Reciclaje Semi Progresivo

- 15% de minimización de residuos: reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros y cambios en la conducta de consumo a través de educación ambiental.
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Escenario 4: Sistema Orientado al Reciclaje Progresivo

- 25% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas).
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Escenario 5: Sistema Orientado al Reciclaje Radical

- 40% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas); 15% de recuperación de material.
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Cuadro G-26: Escenarios Alternativos

Escenario	Porcentaje de recolección	Nivel de disposición	Minimización de residuos				Total
			Reducción en la fuente		Reciclaje		
			Educación	Compostaje de patio	Composta	IRM	
1	100%	Relleno sanitario	0%	0%	0%	0%	0%
2	80-100%	Desarrollo por etapas	2.5%	0%	0%	0%	2.5%
3	80-100%	Desarrollo por etapas	15%		0%	0%	15%
4	80-100%	Desarrollo por etapas	15%		10%	0%	25%
5	80-100%	Desarrollo por etapas	15%		10%	15%	40%

Nota: los porcentajes de minimización de residuos equivalente a la cantidad sujeta a las respectivas medidas de minimización de residuos, no a la cantidad de residuos minimizada.

IRM: Instalación para la Recuperación de Materiales

G.3.2.2 Flujo de Residuos de los Escenarios Alternativos

El caudal de residuos sin el Plan Maestro y en los cinco escenarios se muestra a continuación:

Cuadro G-27: Flujo de Residuos sin el P/M

Aspecto	Unidad	OPB	FCP	SOL	Total
Área urbana					
Población	cantidad	341,449	38,273	382,664	762,386
Fuente de generación					
generación	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Reducción en la fuente	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición propia					
descarga	ton/día	176.5	35.9	87.2	299.6
Recolección					
Mezclado	ton/día	229.6	8.1	408.4	646.1
Jardín	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Intermedio					
Compostaje para producto	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuos	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Productos de reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
residuos	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición					
Disposición	ton/día	229.6	8.1	408.4	646.1
Porcentaje de residuos minimizados	%	0.0	0.0	0.0	0.0
Área rural					
Población	cantidad	73,740	35,628	21,040	130,408
Disposición propia	ton/día	72.9	28.6	21.2	122.7
Porcentaje de recolección					
Área urbana	%	57	18	82	68
En toda el área	%	48	11	79	60

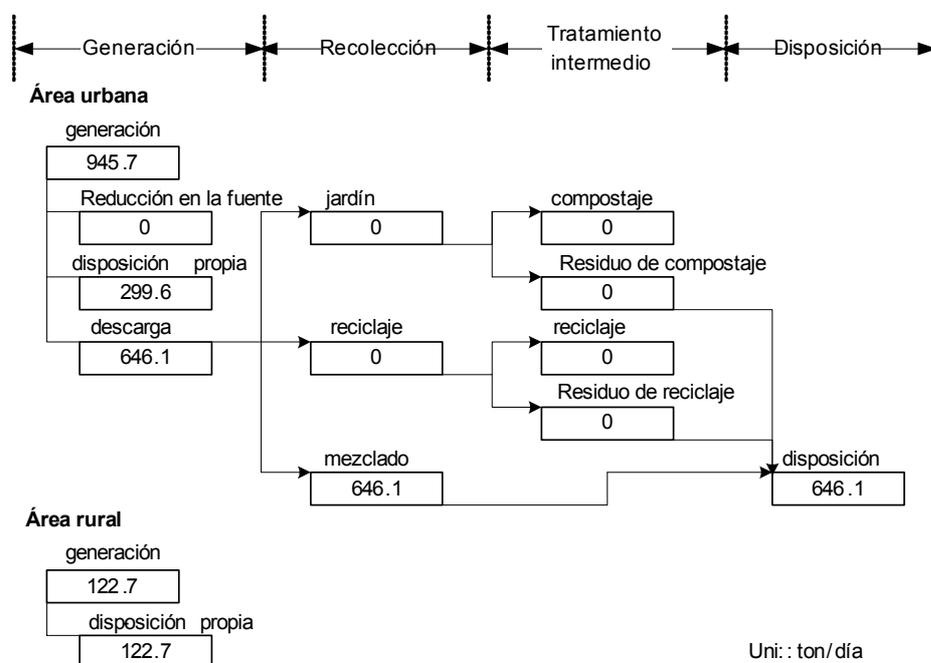


Figura G-6: Flujo de Residuos sin el Plan Maestro

Cuadro G-28: Flujo de Residuos del Escenario 1

Aspecto	unidad	OPB	FCP	SOL	Total
Área urbana					
Población	cantidad	341,449	38,273	382,664	762,386
Fuente de generación					
Generación	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Reducción en la fuente	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición propia					
Descarga	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Recolección					
Mezclado	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
jardín	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Intermedio					
Compostaje para producto	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
residuo	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Producto de reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuos	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición					
disposición	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Porcentaje de residuos minimizados	%	0.0	0.0	0.0	0.0
Área rural					
Población	cantidad	73,740	35,628	21,040	130,408
Disposición propia	ton/día	72.9	28.6	21.2	122.7
Porcentaje de recolección					
Área urbana	%	100	100	100	100
Toda el área	%	85	61	96	89

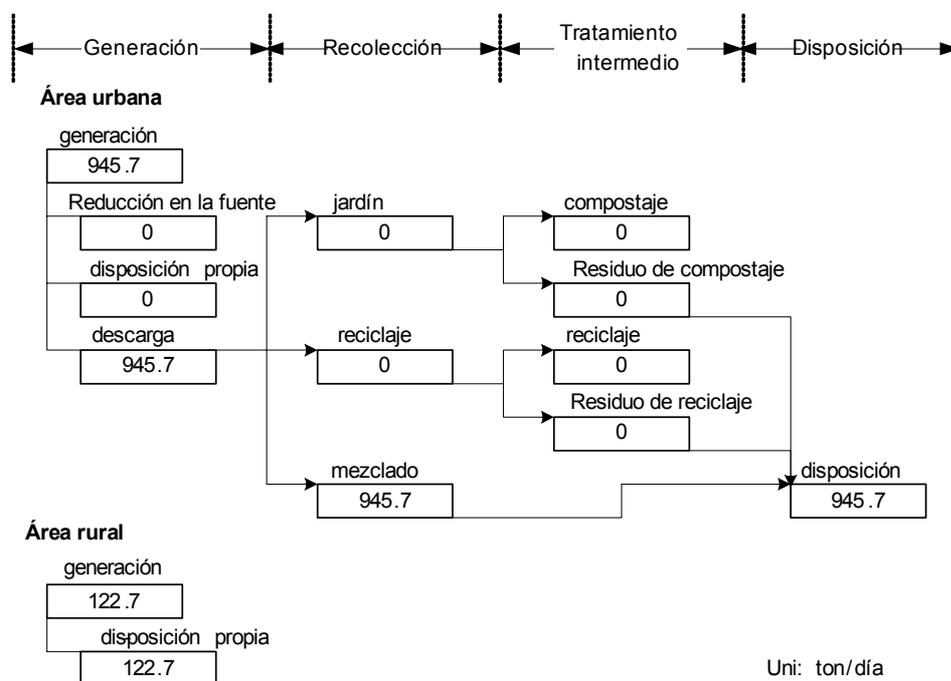


Figura G-7: Flujo de Residuos del Escenario 1

Cuadro G-29: Flujo de Residuos del Escenario 2

Aspecto	Unidad	OPB	FCP	SOL	Total
Área urbana					
Población	cantidad	341,449	38,273	382,664	762,386
fuente de generación					
Generación	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Reducción en la fuente	ton/día	10.2	1.1	12.4	23.7
Disposición propia	ton/día	5.0	5.8	0.7	11.5
Descarga	ton/día	390.9	37.1	482.5	910.5
Recolección					
Mezclado	ton/día	390.9	37.1	482.5	910.5
Jardín	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Intermedio					
Compostaje para producto	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuo	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Producto de reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuo	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición					
disposición	ton/día	390.9	37.1	482.5	910.5
Porcentaje de residuos minimizados	%	2.5	2.5	2.5	2.5
Área rural					
Población	cantidad	73,740	35,628	21,040	130,408
Auto disposición	ton/día	72.9	28.6	21.2	122.7
Porcentaje de recolección					
Área urbana	%	99	86	100	99
Toda el área	%	83	52	96	87

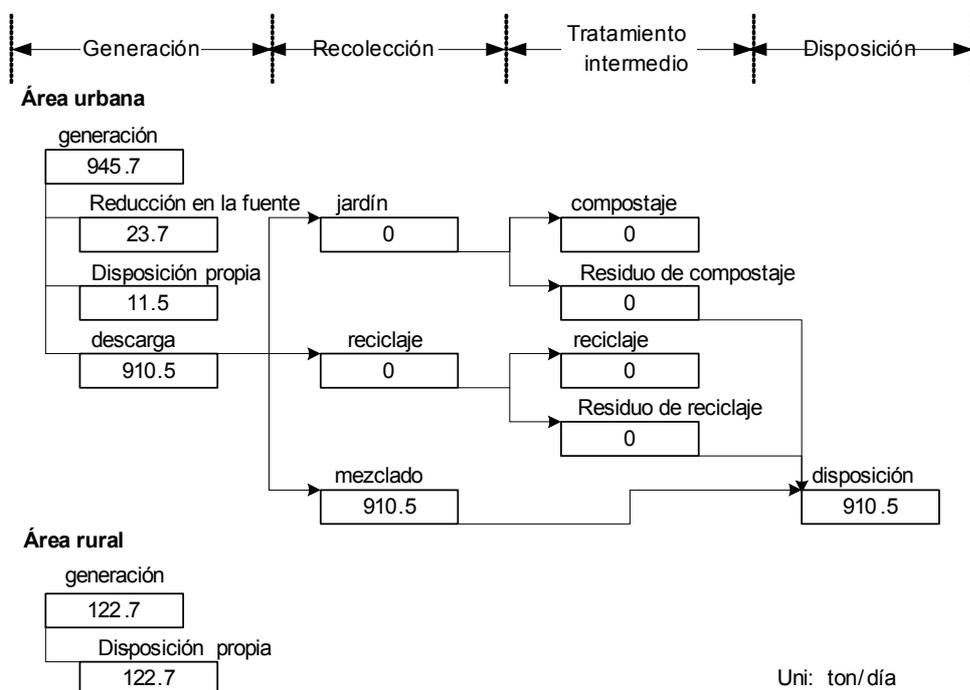


Figura G-8: Flujo de Residuos del Escenario 2

Cuadro G-30: Flujo de Residuos del Escenario 3

Aspecto	Unidad	OPB	FCP	SOL	Total
Área urbana					
Población	cantidad	341,449	38,273	382,664	762,386
Fuente de generación					
Generación	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Reducción en la fuente	ton/día	61.0	6.6	74.3	141.9
Disposición propia					
Descarga	ton/día	340.7	32.4	420.7	793.8
Recolección					
Mezclado	ton/día	340.7	32.4	420.7	793.8
Jardín	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Intermedio					
Compostaje para producto	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuo	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Producto de reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuo	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición					
Disposición	ton/día	340.7	32.4	420.7	793.8
Porcentaje de residuos minimizados	%	15.0	15.0	15.0	15.0
Área rural					
Población	cantidad	73,740	35,628	21,040	130,408
Disposición propia	ton/día	72.9	28.6	21.2	122.7
Porcentaje de recolección					
Área urbana	%	99	87	100	99
Toda el área	%	82	49	95	86

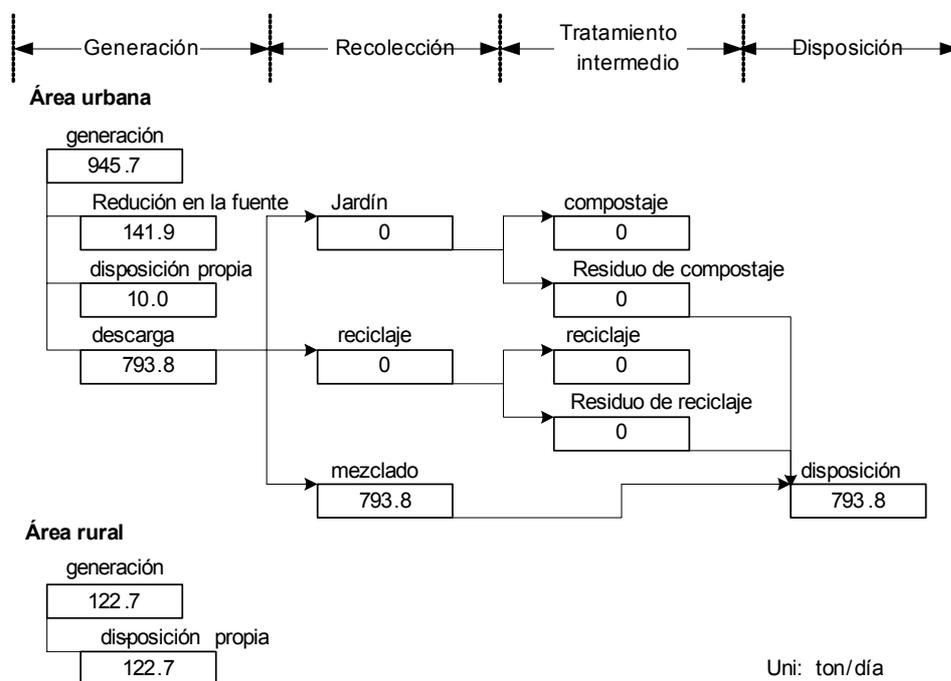


Figura G-9: Flujo de Residuos del Escenario 3

Cuadro G-31: Flujo de Residuos del Escenario 4

Aspecto	Unidad	OPB	FCP	SOL	Total
Área urbana					
Población	cantidad	341,449	38,273	382,664	762,386
Fuente de generación					
Generación	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Reducción en la fuente	ton/día	61.0	6.6	74.3	141.9
Disposición propia	ton/día	4.4	5.0	0.6	10.0
Descarga	ton/día	340.7	32.4	420.7	793.8
Recolección					
Mezclado	ton/día	300.0	28.0	371.1	699.1
Jardín	ton/día	40.7	4.4	49.6	94.7
Reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Intermedio					
Compostaje para producto	ton/día	36.5	4.0	44.6	85.1
Residuo	ton/día	4.2	0.4	5.0	9.6
Producto de reciclaje	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuo	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0
Disposición					
Disposición	ton/día	304.2	28.4	376.1	708.7
Porcentaje de residuos minimizado	%	24.0	24.1	24.0	24.0
Área rural					
Población	cantidad	73,740	35,628	21,040	130,408
Disposición propia	ton/día	72.9	28.6	21.2	122.7
Porcentaje de recolección					
Área urbana	%	99	87	100	99
Toda el área	%	82	49	95	86

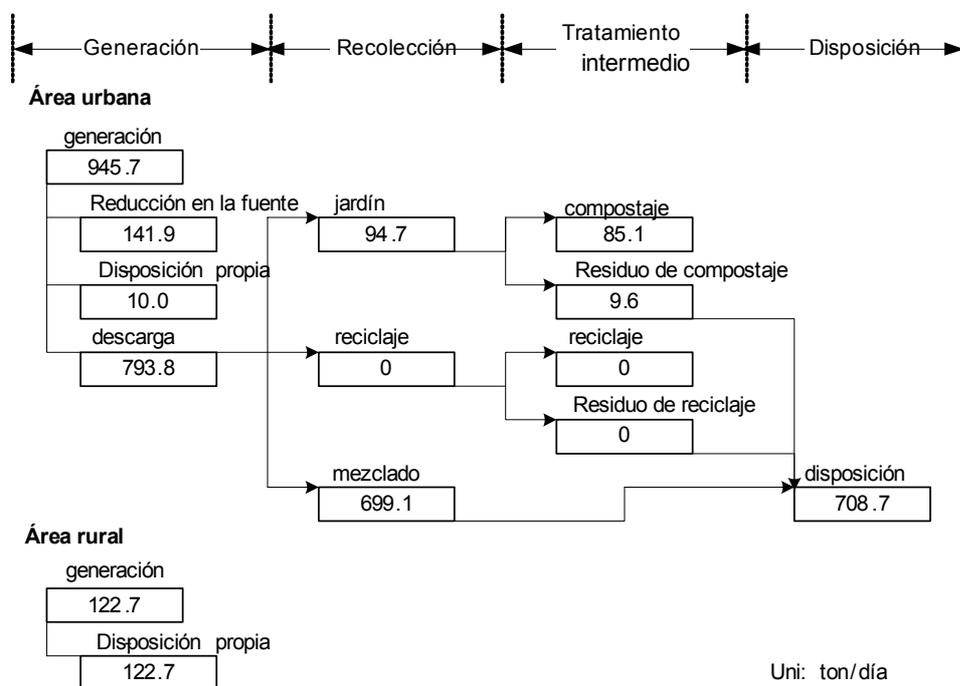


Figura G-10: Flujo de Residuos del Escenario 4

Cuadro G-32: Flujo de Residuos del Escenario 5

Aspecto	Unidad	OPB	FCP	SOL	Total
Área urbana					
Población	cantidad	341,449	38,273	382,664	762,386
Fuente de generación					
Generación	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7
Reducción en la fuente	ton/día	61.0	6.6	74.3	141.9
Disposición propia					
Descarga	ton/día	340.7	32.4	420.7	793.8
Recolección					
Mezclado	ton/día	239.0	21.4	296.8	557.2
Jardín	ton/día	40.7	4.4	49.6	94.7
reciclaje	ton/día	61.0	6.6	74.3	141.9
Intermedio					
Compostaje para producto	ton/día	36.5	4.0	44.6	85.1
Residuo	ton/día	4.2	0.4	5.0	9.6
Reciclaje de productos	ton/día	36.5	4.0	44.6	85.1
Residuo	ton/día	24.5	2.6	29.7	56.8
Disposición					
Disposición	ton/día	267.7	24.4	331.5	623.6
Porcentaje de residuos minimizados	%	33.0	33.2	33.0	33.0
Área rural					
Población	cantidad	73,740	35,628	21,040	130,408
Disposición propia	ton/día	72.9	28.6	21.2	122.7
Porcentaje de recolección					
Área urbana	%	99	87	100	99
Toda el área	%	82	49	95	86

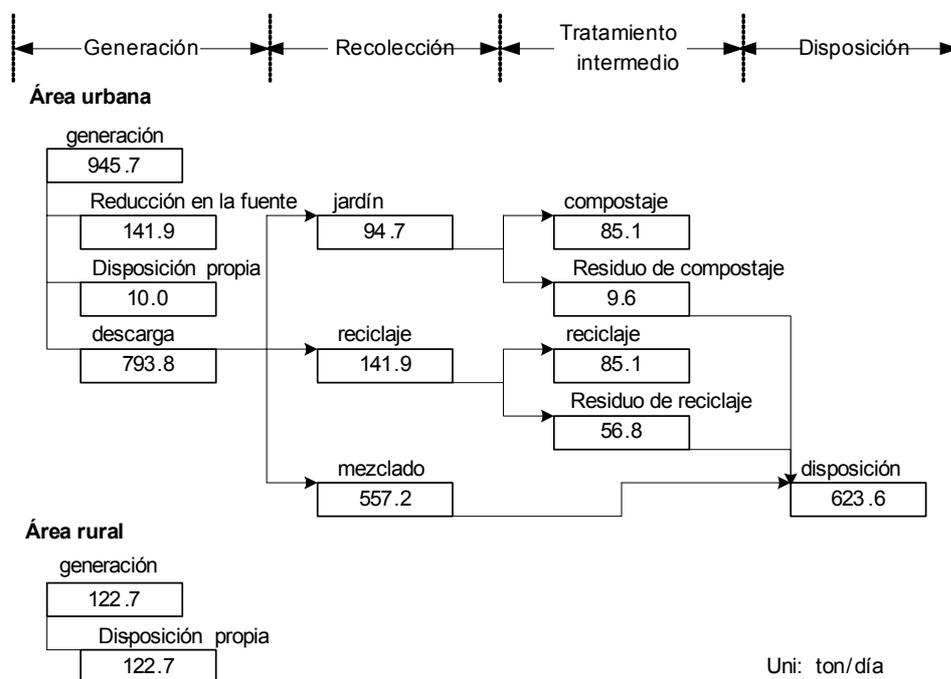


Figura G-11: Flujo de Residuos del Escenario 5

G.3.2.3 Descarga de DBO de los Escenarios Alternativos

Esta sección describe los resultados del cálculo de la cantidad descargada de DBO en los escenarios respectivos. Como el Cuadro G-33 indica, cada escenario alcanza el objetivo principal, es decir, menos de 2,100 ton/año en la cantidad descargada de DBO. El Escenario 1 descarga la cantidad mínima de DBO y en orden consecutivo los escenarios 5, 4, 3 y 2.

Cuadro G-33: Cantidad Descargada de DBO de los Escenarios Alternativos

Escenario	DBO (ton/año)
Sin P/M	7,090
1	1,475
2	1,854
3	1,803
4	1,772
5	1,744

Cuadro G-34: Cantidad Descargada de DBO sin el Plan Maestro

Municipio	Grupo urbano	Población	Generación diaria de residuos		Generación anual de residuos		Nivel de disposición		Unidad de descarga de DBO		Descarga de DBO total
			Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	
	No	Cantidad	Ton/día	Ton/día	ton/año	Ton/año	Nivel	nivel	kg/año/ton de residuos		Ton/año
Área urbana											
OPB	1	172,488	20.4	183.4	7,446	66,941	0	1	32.250	16.126	1,320
OPB	2	12,474	4.4	10.3	1,606	3,760	0	0	32.250	32.250	173
OPB	3	4,854	5.7	0.0	2,081	0	0	0	32.250	32.250	67
OPB	4	43,418	15.4	35.9	5,621	13,104	0	0	32.250	32.250	604
OPB	5	108,215	130.6	0.0	47,669	0	0	0	32.250	32.250	1,537
FCP	6	25,009	20.7	8.1	7,556	2,957	0	0	32.250	32.250	339
FCP	7	5,410	6.2	0.0	2,263	0	0	0	32.250	32.250	73
FCP	8	7,854	9.0	0.0	3,285	0	0	0	32.250	32.250	106
SOL	9	379,664	83.7	408.4	30,551	149,066	0	3	32.250	2.688	1,386
SOL	10	3,000	3.5	0.0	1,278	0	0	0	32.250	32.250	41
	sub-t	762,386	299.6	646.1	109,356	235,828					5,646
Rural		130,408	122.7	0	44,786	0	0	0	32.250	32.250	1,444
Total		892,794	422.3	646.1	154,142	235,828					7,090

Cuadro G-35: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 1

Municipio	Grupo urbano	Población	Generación diaria de residuos		Generación anual de residuos		Nivel de disposición		Unidad de descarga de DBO		Descarga de DBO total
			Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	
	No	Cantidad	Ton/día	Ton/día	ton/año	ton/año	Nivel	nivel	kg/año/ton de residuos		Ton/año
Área urbana											
OPB	1	172,488	0.0	203.8	0	74,387	0	4	32.250	0.092	7
OPB	2	12,474	0.0	14.7	0	5,366	0	4	32.250	0.092	0
OPB	3	4,854	0.0	5.7	0	2,081	0	4	32.250	0.092	0
OPB	4	43,418	0.0	51.3	0	18,725	0	4	32.250	0.092	2
OPB	5	108,215	0.0	130.6	0	47,669	0	4	32.250	0.092	4
FCP	6	25,009	0.0	28.8	0	10,512	0	4	32.250	0.092	1
FCP	7	5,410	0.0	6.2	0	2,263	0	4	32.250	0.092	0
FCP	8	7,854	0.0	9.0	0	3,285	0	4	32.250	0.092	0
SOL	9	379,664	0.0	492.1	0	179,617	0	4	32.250	0.092	17
SOL	10	3,000	0.0	3.5	0	1,278	0	4	32.250	0.092	0
	sub-t	762,386	0.0	945.7	0	345,183					31
Rural		130,408	122.7	0	44,786	0	0	0	32.250	32.250	1,444
Total		892,794	122.7	945.7	44,786	345,183					1,475

Cuadro G-36: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 2

Municipio	Grupo urbano	Población	Generación diaria de residuos		Generación anual de residuos		Nivel de disposición		Unidad de descarga de DBO		Descarga de DBO total
			Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	
	No	Cantidad	Ton/día	Ton/día	ton/año	ton/año	Nivel	nivel	kg/año/ton de residuos		Ton/año
Área urbana											
OPB	1	172,488	0.0	198.7	0	72,526	0	4	32.250	0.092	7
OPB	2	12,474	1.4	12.9	511	4,709	0	2	32.250	6.450	47
OPB	3	4,854	1.1	4.5	402	1,643	0	1	32.250	16.126	39
OPB	4	43,418	2.5	47.5	913	17,338	0	3	32.250	2.688	76
OPB	5	108,215	0.0	127.3	0	46,465	0	4	32.250	0.092	4
FCP	6	25,009	2.8	25.3	1,022	9,235	0	2	32.250	6.450	93
FCP	7	5,410	1.2	4.8	438	1,752	0	1	32.250	16.126	42
FCP	8	7,854	1.8	7.0	657	2,555	0	1	32.250	16.126	62
SOL	9	379,664	0.0	479.8	0	175,127	0	4	32.250	0.092	16
SOL	10	3,000	0.7	2.7	256	986	0	1	32.250	16.126	24
	sub-t	762,386	11.5	910.5	4,199	332,336					410
Rural		130,408	122.7	0	44,786	0	0	0	32.250	32.250	1,444
Total		892,794	134.2	910.5	48,985	332,336					1,854

Cuadro G-37: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 3

Municipio	Grupo urbano	Población	Generación diaria de residuos		Generación anual de residuos		Nivel de disposición		Unidad de descarga de DBO		Descarga de DBO total
			Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	
	No	Cantidad	Ton/día	Ton/día	ton/año	Ton/año	Nivel	nivel	kg/año/ton de residuos		Ton/año
Área urbana											
OPB	1	172,488	0.0	173.2	0	63,218	0	4	32.250	0.092	6
OPB	2	12,474	1.2	11.3	438	4,125	0	2	32.250	6.450	41
OPB	3	4,854	1.0	3.8	365	1,387	0	1	32.250	16.126	34
OPB	4	43,418	2.2	41.4	803	15,111	0	3	32.250	2.688	67
OPB	5	108,215	0.0	111.0	0	40,515	0	4	32.250	0.092	4
FCP	6	25,009	2.4	22.1	876	8,067	0	2	32.250	6.450	80
FCP	7	5,410	1.1	4.2	402	1,533	0	1	32.250	16.126	38
FCP	8	7,854	1.5	6.1	548	2,227	0	1	32.250	16.126	54
SOL	9	379,664	0.0	418.3	0	152,680	0	4	32.250	0.092	14
SOL	10	3,000	0.6	2.4	219	876	0	1	32.250	16.126	21
	sub-t	762,386	10.0	793.8	3,651	289,739					359
Rural		130,408	122.7	0	44,786	0	0	0	32.250	32.250	1,444
Total		892,794	132.7	793.8	48,437	289,739					1,803

Cuadro G-38: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 4

Municipio	Grupo urbano	Población	Generación diaria de residuos		Generación anual de residuos		Nivel de disposición		Unidad de descarga de DBO		Descarga de DBO total
			Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	
	No	Cantidad	Ton/día	Ton/día	ton/año	Ton/año	Nivel	nivel	kg/año/ton de residuos		Ton/año
Área urbana											
OPB	1	172,488	0.0	154.9	0	56,539	0	4	32.250	0.092	5
OPB	2	12,474	1.2	10.0	438	3,650	0	2	32.250	6.450	38
OPB	3	4,854	1.0	3.3	365	1,205	0	1	32.250	16.126	31
OPB	4	43,418	2.2	36.8	803	13,432	0	3	32.250	2.688	62
OPB	5	108,215	0.0	99.2	0	36,208	0	4	32.250	0.092	3
FCP	6	25,009	2.4	19.5	876	7,118	0	2	32.250	6.450	74
FCP	7	5,410	1.1	3.6	402	1,314	0	1	32.250	16.126	34
FCP	8	7,854	1.5	5.3	548	1,935	0	1	32.250	16.126	49
SOL	9	379,664	0.0	374.0	0	136,510	0	4	32.250	0.092	13
SOL	10	3,000	0.6	2.1	219	767	0	1	32.250	16.126	19
	sub-t	762,386	10.0	708.7	3,651	258,678					328
Rural		130,408	122.7	0	44,786	0	0	0	32.250	32.250	1,444
Total		892,794	132.7	708.7	48,437	258,678					1,772

Cuadro G-39: Cantidad Descargada de DBO en el Escenario 5

Municipio	Grupo urbano	Población	Generación diaria de residuos		Generación anual de residuos		Nivel de disposición		Unidad de descarga de DBO		Descarga de DBO total
			Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición propia	disposición	Disposición n propia	disposición	
	No	Cantidad	Ton/día	Ton/día	ton/año	Ton/año	Nivel	nivel	kg/año/ton de residuos		Ton/año
Área urbana											
OPB	1	172,488	0.0	136.6	0	49,859	0	4	32.250	0.092	5
OPB	2	12,474	1.2	8.7	438	3,176	0	2	32.250	6.450	35
OPB	3	4,854	1.0	2.8	365	1,022	0	1	32.250	16.126	28
OPB	4	43,418	2.2	32.2	803	11,753	0	3	32.250	2.688	57
OPB	5	108,215	0.0	87.4	0	31,901	0	4	32.250	0.092	3
FCP	6	25,009	2.4	16.9	876	6,169	0	2	32.250	6.450	68
FCP	7	5,410	1.1	3.0	402	1,095	0	1	32.250	16.126	31
FCP	8	7,854	1.5	4.5	548	1,643	0	1	32.250	16.126	44
SOL	9	379,664	0.0	329.7	0	120,341	0	4	32.250	0.092	11
SOL	10	3,000	0.6	1.8	219	657	0	1	32.250	16.126	18
	sub-t	762,386	10.0	623.6	3,651	227,616					300
Rural		130,408	122.7	0	44,786	0	0	0	32.250	32.250	1,444
Total		892,794	132.7	623.6	48,437	227,616					1,744

G.3.2.4 Comparación de Costos de los Escenarios Alternativos

a. Unidad de Costo usada para la Comparación de Costos

Los costos típicos del manejo de residuos sólidos son conocidos través de varios estudios, investigaciones y proyectos. El Cuadro G-40 presenta costos que CEPIS recomienda como adecuados para países de América Latina, generalmente definidos en un rango que las instituciones de gobierno y/o los residentes puedan cubrir. El Cuadro G-41 muestra los costos típicos de acuerdo al nivel de ingreso. El fenómeno de las economías de escala se encuentra en los costos de manejo de los residuos sólidos, es decir, mientras más grande sea la cantidad a tratar, menores serán los gastos requeridos por toneladas de residuos. La Figura G-12 muestra la economía de escala en la recolección. El Cuadro G-42 muestra los costos actuales de manejo de residuos sólidos en el área de estudio. La mayoría de los costos en Othón P Blanco y FCP son costos de recolección incluyendo el barrido de las calles porque los municipios difícilmente gastan por disposición final. En Solidaridad, el relleno sanitario con control de gas está funcionando actualmente. En consecuencia, la diferencia de cerca de \$10 dólares americanos en los costos de Othón P. Blanco y Solidaridad podría considerarse como costos de disposición final.

Cuadro G-40: Costos Aceptables en el Manejo de Residuos Sólidos en Países de América Latina de acuerdo con CEPIS

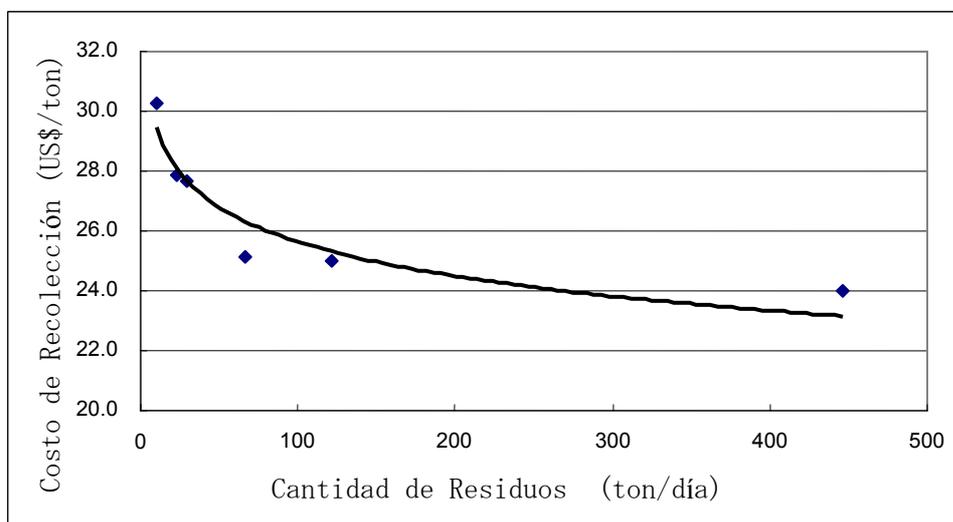
Aspecto	Unidad	Costo		
		Minimo	Maximo	Promedio
Recolección	USD/ton	25.0	-	40.0
Barrido de calles	USD/Km.	15.0	-	20.0
Transporte	USD/ton	8.0	-	12.0
Disposición	USD/ton	4.0	-	10.0
Mantenimiento	USD/ton	3.0	-	5.0

Fuente: Fernando A. Paraguassú de Sá and Carmen Rosío Rojas Rodríguez, (2002), Indicadores para el Gerenciamiento del Servicio de Limpieza Pública, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

Cuadro G-41: Costos Típicos en el Manejo de Residuos Sólidos de Acuerdo al Nivel de Ingreso

Nivel de ingreso	Bajo ingreso	Ingreso medio	Ingreso alto
Generación promedio de residuos (ton/capita/año)	0.2	0.3	0.6
Ingreso promedio del PNB (\$US/capita/año)	370	2,400	22,000
Costos de recolección (\$US/ton)	10 - 30	30 - 70	70 - 120
Costos de transporte (\$US/ton)	3 - 8	5 - 15	15 - 20
Costo del relleno sanitario (\$US/ton)	3 - 10	8 - 15	20 - 50
Costo total sin transporte (\$US/ton)	13 - 40	38 - 85	90 - 170
Costo total sin transporte (\$US/ton)	16 - 48	43 - 100	105 - 190
Costo como porcentaje de ingreso (%)	0.7 - 2.6	0.5 - 1.3	0.2 - 0.5

Fuente: Cointreau-Levine, Sandra and Adrian Coad, (2000), from Guidance Pack, Private Sector Participation in Municipal Solid Waste Management, SKAT, Switzerland



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio, datos obtenidos del Estudio de JICA en El Salvador en el 2000 se ajustaron para el área de estudio

Figura G-12: Correlación entre los Costos de Recolección y la Cantidad Recolectada de Residuos

Cuadro G-42: Costos del Manejo de Residuos Sólidos en los Municipios del Área de Estudio

Municipio	Costo estimado	Actividades	Comentario
Othón P Blanco	27 USD/ton	Recolección y barrido de calles	En el 2001, 62,000 ton/año de la cantidad estimada de recolección de residuos, 16.91 millones de pesos del costo total de MRS
Felipe C Puerto	26 USD/ton	Recolección y barrido de calles	En el 2002, 4,380 ton/año de la cantidad estimada de recolección de residuos, 1.16 millones de pesos del costo total de MRS
Solidaridad	34 USD/ton	Recolección, barrido de calles y disposición	En el 2001, 48,000 ton/año de la cantidad estimada de recolección de residuos, 1.47 millones de pesos de una tarifa de concesión

Fuente: Datos obtenidos de los municipios respectivos en el 2003

Tomando en consideración los costos de manejo de residuos sólidos mencionados con anterioridad, los costos de unidad son estimados para los costos de comparación de los escenarios alternativos tal y como se puede apreciar en el Cuadro G-43, Cuadro G-44 y Cuadro G-45.

Cuadro G-43: Costo Unitario de Recolección

Población	Costo (US/ton)
2,500 - 7,999	31
8,000 - 34,999	28
34,999 - 99,999	26
100,000 -	25

Grupo urbano	Municipio	Población (cantidad)	Costo (US\$/ton)
1	OPB	172,488	25
2	OPB	12,474	28
3	OPB	4,854	31
4	OPB	43,418	26
5	OPB	108,215	25
6	FCP	25,009	28
7	FCP	5,410	31
8	FCP	7,854	31
9	SOL	379,664	25
10	SOL	3,000	31
Total	-	762,386	-

Cuadro G-44: Costo Unitario del Tratamiento Intermedio

Aspecto	US/ton
Compostaje	30
Recuperación de material	28

Cuadro G-45: Costo Unitario de Disposición

Nivel de disposición	US\$/ton
Tiradero a cielo abierto	1
Sitio de disposición controlado	3
Tiradero cercado	5
Relleno sanitario con control de gas	10
Relleno sanitario con control de lixiviados	15

Grupo urbano	Municipio	Población	Tipo de disposición	Costo (US\$/ton)
1	OPB	172,488	Relleno sanitario con lixiviados	15
2	OPB	12,474	Cercado	5
3	OPB	4,854	Controlado	3
4	OPB	43,418	Relleno sanitario con gas	10
5	OPB	108,215	Relleno sanitario con lixiviados	15
6	FCP	25,009	Cercado	5
7	FCP	5,410	Controlado	3
8	FCP	7,854	Controlado	3
9	SOL	379,664	Relleno sanitario con lixiviados	15
10	SOL	3,000	Controlado	3
Total	-	762,386	-	-

b. Comparación de Costos de Escenarios Alternativos (nuevo)

El siguiente cuadro muestra los costos de escenarios alternativos. El escenario más económico es el 3 y consecutivamente el Escenario 4, 2, 1 y 5.

Cuadro G-46: Comparación de Costos de Escenarios Alternativos

Unidad: 1000USD/año

Municipio	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
OPB	5,977	5,596	5,100	5,403	6,023
FCP	707	451	419	466	546
SOL	7,243	7,039	6,408	6,763	7,496
Total	13,927	13,086	11,927	12,632	14,065

G.3.3 Consideración de la Estructura de Manejo de Residuos Sólidos

El manejo de residuos sólidos consiste de diversos componentes relacionados entre si. Por consiguiente, el MRS debería constituirse como un sistema que mantenga equilibrio entre sus unidades. Para que el MRS cumpla sus roles de manera adecuada, se requiere en primer lugar de un sistema legal firme y de un sistema institucional que establezcan las interrelaciones y responsabilidades de las organizaciones involucradas. En segundo lugar, se necesita que una agencia ejecutora de MRS tenga capacidad de manejo para proveer servicios de manera consistente a los ciudadanos. En tercer lugar, se deberá adoptar tecnología apropiada tomando en consideración las condiciones naturales y sociales. En cuarto lugar, es indispensable que

exista cooperación de los ciudadanos y participación del sector privado. La Figura G-13 señala los conceptos previamente mencionados.

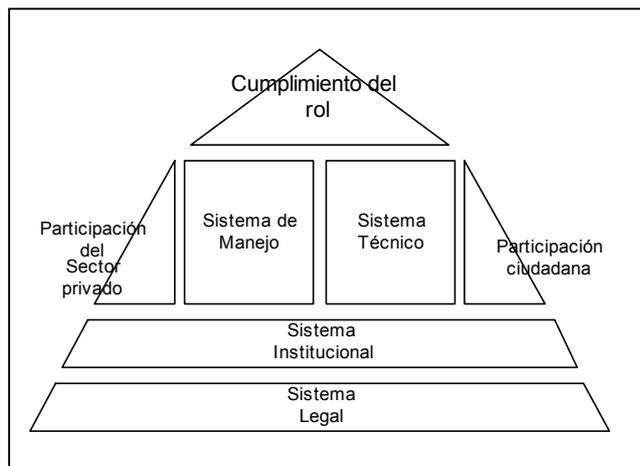


Figura G-13: Marco del Manejo Integral de los Residuos Sólidos

Esta sección discute primero los aspectos financieros y otros aspectos de la estructura con la finalidad de seleccionar un escenario óptimo.

G.3.3.1 Aspecto Financiero

a. Consideraciones Generales

En el financiamiento del servicio de residuos sólidos, la tendencia en el Área de Estudio ha sido no depender totalmente de los derechos del servicio. Más bien, los servicios municipales han sido financiados principalmente por los fondos generales del presupuesto municipal. Cabe recordar que en los últimos años los fondos federales han constituido una alta proporción de los presupuestos municipales, más del 90% en Felipe Carrillo Puerto, más del 70% en Othón P. Blanco, y alrededor de 40% en Solidaridad.

Cuando el servicio de residuos sólidos se financia con fondos generales del presupuesto municipal, es natural suponer que exista una debilidad en la práctica de analizar costos e ingresos específicos del servicio, como la base para la toma de decisiones en el manejo operativo y financiero. En estas circunstancias, el costo del servicio generalmente debe ser estimado identificando las cuentas presupuestarias relevantes, las cuales están diseñadas para el control presupuestario antes que para el control de costo.

El sistema financiero para el manejo de residuos sólidos debe tener como meta la auto-suficiencia financiera de las medidas propuestas en el Plan Maestro. Sin embargo, este objetivo puede ser logrado solamente cuando los puntos descritos en la siguiente sección sean considerados con la debida atención.

a.1 Temas de los Aspectos Financieros del Manejo de Residuos Sólidos

Las temáticas relacionadas a un manejo financiero firme del servicio de los residuos sólidos pueden describirse de la siguiente manera.

a.1.1 Aplicación general de los derechos del servicio

Todos los usuarios del servicio de residuos sólidos deberían pagar los derechos del servicio. Actualmente, sin embargo, el servicio de residuos sólidos se provee sin cargo alguno en Felipe Carrillo Puerto, mientras que Othón P. Blanco impone derechos del servicio solamente a las casas comerciales. Únicamente Solidaridad impone derechos del servicio a todos los usuarios del servicio de residuos sólidos. Se presume que la práctica de no imponer derechos por el servicio de residuos sólidos se basa en buenas razones para la comunidad, pero desde el punto de vista financiero es una aberración injusta debido a que obviamente el servicio de residuos sólidos implica grandes costos. Todos los generadores de residuos sólidos que utilizan el servicio de recolección y disposición deberían participar activamente en el esfuerzo de la recuperación de costos, efectuando el pago de la parte correspondiente de los costos del servicio. De acuerdo al reglamento de manejo de residuos sólidos que se propone, se espera que las familias paguen un derecho mensual fijo, mientras que las firmas comerciales-industriales y las instituciones se espera que paguen una tarifa volumétrica en función del volumen de residuos generados.

a.1.2 Derechos realistas y mejoramiento de ingresos

La práctica de fijar los derechos del servicio cada año elimina el frecuente problema de rigidez en los derechos del servicio. Estos derechos deben buscar recuperar los costos del servicio tanto como sea posible. Esto implica la necesidad de mantener un registro preciso de los costos del servicio, de tal manera que sirvan como una sólida referencia para la fijación de los derechos del servicio. De este modo sería más convincente cualquier justificación que sea necesaria por algún cambio en los derechos del servicio. El incremento en los derechos del servicio de residuos sólidos como medio de mejorar los ingresos debería ser tan solo una de las opciones, y se deberían explorar otras medidas, como el aumento en el número de usuarios que pagan y el mejoramiento en la eficiencia de la recaudación.

a.1.3 Facturación oportuna y facilidad de pago

Se debería respetar el programa de facturación periódica establecido en el reglamento de manejo de residuos sólidos que se propone, cada dos meses para familias, y mensual para las firmas comerciales e industriales, así como también para los usuarios institucionales. Es importante mantener la opción de que los usuarios del servicio de residuos sólidos puedan efectuar sus pagos no solamente en las oficinas del Ayuntamiento, sino también en lugares

más accesibles como los supermercados. Es de crucial importancia asegurarse de que los pagos efectuados por los usuarios lleguen a las arcas municipales.

a.1.4 Control de la recaudación

La recaudación debería ser efectuada con el debido cuidado a fin de mantener la morosidad bajo control. Esto implica un análisis de los motivos de la morosidad, y la aplicación de multas y sanciones cuando los pagos no se realicen en forma oportuna. Se debería respetar el período de dos meses después de la fecha límite de pago para comenzar los trámites de cobranza forzosa, además de la aplicación de multas y sanciones cuando se consideren necesarias.

a.1.5 Uso específico de los ingresos

Los ingresos obtenidos por el servicio de residuos sólidos idealmente deberían ser destinados para su utilización exclusiva en el mejoramiento del servicio. Sin embargo, probablemente se requerirá de tiempo para que el servicio de residuos sólidos pueda ser operado exclusivamente en base a sus ingresos propios. La auto-suficiencia presupone un mejoramiento en el servicio, como fundamento para el aumento del número de usuarios y el incremento de los derechos del servicio. Podría necesitarse de un período de transición durante el cual los fondos generales del gobierno tendrían que ser dedicados al manejo de residuos sólidos, idealmente en proporciones decrecientes, hasta alcanzar la auto-suficiencia.

a.1.6 Monitoreo constante

El desempeño del servicio debería ser constantemente monitoreado por medio de indicadores cuantificados que se seleccionen, de tal manera a introducir prontamente las medidas correctivas de mejoramiento donde y cuando los indicadores monitoreados se desvíen de los rangos aceptables.

a.2 Resumen de los Puntos Importantes sobre Aspectos Financieros

Los puntos importantes se resumen a continuación.

- 1) Los servicios municipales son financiados con fondos generales del presupuesto municipal, en donde las fuentes principales son los fondos federales.
- 2) Los ingresos provenientes del servicio de residuos sólidos actualmente cubren una mínima porción de los costos del servicio.
- 3) El servicio de residuos sólidos se presta sin cargo alguno en Felipe Carrillo Puerto.
- 4) Las familias no pagan por el servicio de residuos sólidos en Othón P. Blanco.

- 5) Los datos sobre costos del servicio de residuos sólidos no son de disponibilidad inmediata, y la estimación de los costos del servicio depende de la identificación apropiada de las cuentas presupuestarias relevantes.
- 6) La toma de decisiones sobre el servicio de residuos sólidos no se basa en el análisis de los ingresos y costos específicos del servicio.
- 7) No se disponen de indicadores de desempeño del servicio.

b. El Plan Maestro de Residuos Sólidos y Viabilidad Financiera

La viabilidad financiera del Plan Maestro de residuos sólidos depende de su costo y de su capacidad en generar ingresos provenientes de los derechos del servicio durante el período que abarque el Plan Maestro. Este análisis se realiza generalmente descontando el flujo de ingresos y costos durante el período del Plan Maestro. Sin embargo, el análisis que se efectúa a continuación no se trata de una evaluación financiera en sentido estricto. Más bien, se trata de una discusión de los aspectos financieros sobre la capacidad de pagar de usuarios del servicio de residuos sólidos.

b.1 Análisis de los Costos del Manejo de Residuos Sólidos

México ha sido clasificado como un país de ingreso medio alto. El último ítem en el Cuadro G-41 se refirió al costo del manejo de residuos sólidos como proporción del ingreso familiar, mientras que el segundo ítem se refirió a ingresos en términos de producto nacional bruto (PNB) per capita por año. El Cuadro G-41 indicó además que los países de ingreso medio eran aquellos con ingresos de más de USD2, 400 y menos que USD22, 000 de PNB per capita por año, y para este grupo de países el rango aceptable de costo de manejo de residuos sólidos se estimaba entre el 0.5% y el 1.3% del ingreso familiar.

Los cuadros siguientes presentan los datos básicos para el análisis financiero.

Cuadro G-47: Datos Básicos para el Análisis Financiero

Municipios	Población Urbana 2015	Tamaño Familiar	Número Familias 2015
Othón P. Blanco	341,449	4.23	80,733
Felipe Carrillo Puerto	38,273	4.96	7,718
Solidaridad	382,664	3.77	101,578
Total 3 Municipios	762,386	4.24	190,030

Cuadro G-48: Costos de los Escenarios Alternativos

Unidad: 1000USD/año

Municipio	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
OPB	5,977	5,596	5,100	5,403	6,023
FCP	707	451	419	466	546
SOL	7,243	7,039	6,408	6,763	7,496
Total	13,927	13,086	11,927	12,632	14,065

Se estima que el producto interno bruto (PIB) del Estado de Quintana Roo de aproximadamente USD 8,300. Esta cifra multiplicada por la población de los 3 Municipios daría la producción bruta en los 3 Municipios, y el cociente entre el costo estimado del manejo de residuos sólidos y la producción bruta estimada resultó ser 0.22% en el escenario 1, 0.21% en el escenario 2, 0.19% en el escenario 3, 0.20% en el escenario 4 y 0.22% en el escenario 5, rangos mucho menores que el rango referencial de 0.5% a 1.3%, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro G-49: Costo del Manejo de Residuos Sólidos como porcentaje de la Producción Bruta

Aspecto	Valor
GDP/capita Q. Roo (USD)	8,300
GDP 3 Munic (Millones USD)	6,328
Costo Total/GDP (%)	0.21
escenario 1	0.22
escenario 2	0.21
escenario 3	0.19
escenario 4	0.20
escenario 5	0.22

Al repetir la misma operación utilizando el ingreso familiar reportado en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares que se realiza cada dos años, el cociente entre el costo estimado del manejo de residuos sólidos y los ingresos familiares urbanos fue de 0.69% en el Escenario 1, 0.65% en el Escenario 2, 0.59% en el Escenario 3, 0.63% en el Escenario 4 y 0.70% en el Escenario 5, dentro del rango de 0.5% a 1.3%, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro G-50: Costo del Manejo de Residuos Sólidos relativo al Ingreso Familiar

Aspecto	Valor
Ingreso familiar urbano 2002	29,000
Pesos Mexicanos por 1 USD	11
Ingreso familiar en USD	2,636
Ingreso familiar 3 Munic (Millones USD)	2,010
Costo Total/Ingreso familiar (%)	
escenario 1	0.69
escenario 2	0.65
escenario 3	0.59
escenario 4	0.63
escenario 5	0.70

b.2 Análisis de los Ingresos del Servicio de Residuos Sólidos

b.2.1 Potencial de Ingreso proveniente de Firmas Comerciales

En Othón P. Blanco en Octubre del 2003, las firmas comerciales que pagaban por el servicio de residuos sólidos llegaban a 8,279. Tomando 228,683 como la población de Othón P. Blanco en el 2003 y un tamaño familiar de 4.23, el número de familias sería de 54,071. Por lo tanto, el número de firmas comerciales (8,279) sería equivalente a alrededor del 15% del número de familias. En forma similar, tomando las comunidades de 2,500 residentes o más en el 2003, la población sería de 182,073 y el número de familias sería de 43,050, resultando en alrededor de 19% de firmas comerciales con respecto al número de familias. Estos resultados fueron entre 50% y 90% superiores al valor referencial de CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) para la estimación del número de firmas comerciales, definido como el 10% del número de familias. Aun así, las 8,279 firmas que pagaban por el servicio de residuos sólidos probablemente no incluía la totalidad de las firmas comerciales en el sector formal, y con seguridad muchas firmas más en el sector informal generaban residuos sólidos.

El potencial de ingreso de las firmas comerciales fue explorado en base a tres escenarios, variando el número de firmas comerciales como porcentaje del número de familias, y variando los derechos por el servicio de residuos sólidos entre 50 Pesos, la tarifa predominante en Othón P. Blanco, y 150 Pesos, que fue un poco más que los 132.50 Pesos fijados como derechos del servicio para firmas comerciales en Solidaridad.

Comenzando con el número de firmas comerciales estimado como el 10% del número de familias en el 2015, las fuentes de ingresos del servicio de residuos sólidos serían de alrededor de 19,000 firmas comerciales. Los derechos del servicio que se asumieron fueron

50 Pesos, 100 Pesos y 150 Pesos, con una eficiencia de recaudación del 80%, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro G-51: Potencial de Ingreso de Firmas Comerciales como 10% de Familias

Aspecto	Valor	Valor	Valor
Número de firmas comerciales: 10% de familias	19,000	19,000	19,000
Derechos de servicio por mes (Pesos)	50	100	150
Ingreso anual (Pesos)	11,400,000	22,800,000	34,200,000
Eficiencia de recaudación: 80% (Pesos)	9,120,000	18,240,000	27,360,000
Pesos por 1 USD	11	11	11
Ingreso anual en USD	829,091	1,658,182	2,487,273

El cuadro anterior muestra que aún con derechos de servicio de 150 Pesos por mes, el ingreso potencial proveniente de firmas comerciales sería de solamente alrededor de USD2.5 Millones por año, si es que se asume que el número de firmas comerciales es de 10% del número de familias.

Subsiguientemente, se asumió que el número de firmas comerciales constituía el 15% del número de familias, mientras que se asumieron los mismos derechos de servicio y la misma eficiencia de recaudación que el escenario anterior. El cuadro siguiente presenta los resultados obtenidos.

Cuadro G-52: Potencial de Ingreso de Firmas Comerciales como 15% de Familias

Aspecto	Valor	Valor	Valor
Número de firmas comerciales: 15% de familias	28,500	28,500	28,500
Derechos de servicio por mes (Pesos)	50	100	150
Ingreso anual (Pesos)	17,100,000	34,200,000	51,300,000
Eficiencia de recaudación: 80% (Pesos)	13,680,000	27,360,000	41,040,000
Pesos por 1 USD	11	11	11
Ingreso anual en USD	1,243,636	2,487,273	3,730,909

El cuadro anterior muestra que el potencial de ingreso proveniente de firmas comerciales sería de alrededor de USD3.7 Millones por año, si se asume que el número de firmas comerciales es de 15% del número de familias, y se asume que los derechos del servicio son de 150 Pesos por mes.

Finalmente, se asumió que las firmas comerciales constituían el 20% del número de familias, mientras que se asumieron los mismos derechos de servicio y la misma eficiencia de recaudación que los escenarios anteriores. El cuadro siguiente presenta los resultados obtenidos.

Cuadro G-53: Potencial de Ingreso de Firmas Comerciales como 20% de Familias

Aspecto	Valor	Valor	Valor
Número de firmas comerciales: 20% de familias	38,000	38,000	38,000
Derechos de servicio por mes (Pesos)	50	100	150
Ingreso anual (Pesos)	22,800,000	45,600,000	68,400,000
Eficiencia de recaudación: 80% (Pesos)	18,240,000	36,480,000	54,720,000
Pesos por 1 USD	11	11	11
Ingreso anual en USD	1,658,182	3,316,364	4,974,545

El cuadro anterior muestra que el ingreso potencial de firmas comerciales sería de alrededor de USD5.0 Millones por año, si se asume que las firmas comerciales constituyen el 20% de las familias, y los derechos del servicio se asumen en 150 Pesos por mes.

El análisis precedente mostró que el ingreso proveniente de firmas comerciales podría ser incrementado significativamente si se aumenta grandemente el número de firmas que pagan, y los derechos del servicio se fijan en alrededor de 150 Pesos por mes. Cabe recordar que el reglamento del manejo de residuos sólidos que se propone tiene previsto establecer los derechos del servicio de residuos sólidos para firmas comerciales en base al volumen de generación, es decir, una tarifa volumétrica.

b.2.2 Potencial de Ingreso proveniente de Familias

En el 2003, solamente las familias en Solidaridad tenían la obligación de pagar en forma mensual por el servicio de residuos sólidos, 31.80 Pesos los que vivían en una casa, y 23.80 Pesos los que vivían en un departamento.

Por otra parte, los organismos de asistencia internacional generalmente estiman como capacidad de pago de las familias por el servicio de residuos sólidos entre el 0.75% y el 1.7% del ingreso familiar. La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares del 2000 y del 2002 dieron resultados similares en cuanto al ingreso familiar, alrededor de 29,000 Pesos en comunidades con 2,500 residentes o más. Utilizando este ingreso familiar y los porcentajes mencionados, 0.75% y 1.7%, la capacidad de pago por el servicio de residuos sólidos se estimó entre 18 Pesos y 41 Pesos por mes. Por consiguiente, el potencial de ingresos provenientes de familias se estimó asumiendo los derechos del servicio de residuos sólidos en 20 Pesos, 30 Pesos y 40 Pesos por mes, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro G-54: Potencial de Ingreso proveniente de Familias

Aspecto	Valor	Valor	Valor
Número de familias	190,030	190,030	190,030
Derechos de servicio por mes (Pesos)	20	30	40
Ingreso anual (Pesos)	45,607,200	68,410,800	91,214,400
Eficiencia de recaudación: 80% (Pesos)	36,485,760	54,728,640	72,971,520
Pesos por 1 USD	11	11	11
Ingreso anual en USD	3,316,887	4,975,331	6,633,775

El cuadro anterior parece indicar que el potencial de ingreso proveniente de familias es bueno. Aun cuando los derechos del servicio sean de 30 Pesos por mes, el ingreso potencial sería de alrededor de USD5.0 Millones, una cifra prácticamente idéntica con el ingreso potencial proveniente de firmas comerciales en el escenario más favorable, es decir, asumiendo que las firmas comerciales constituyan el 20% del número de familias y los derechos del servicio sean de 150 Pesos por mes. En el caso de que los derechos del servicio sean de 40 Pesos por mes, el potencial de ingreso proveniente de familias sería de alrededor de USD6.6 Millones, ligeramente superior al 50% de los costos estimados. Si la propuesta de tarifa volumétrica se fija en el nivel correcto y se aplica a las firmas comerciales e industriales y a las instituciones, este grupo de usuarios del servicio puede contribuir la otra mitad del costo del servicio, a pesar de que es normal esperar que este grupo contribuya más que las familias. Alternativamente, el análisis precedente sobre costos e ingresos potenciales del servicio de residuos sólidos parece indicar que el costo de alrededor de USD13 Millones podría ser financiado equitativamente por los gobiernos municipales, firmas comerciales, y familias, contribuyendo cada una de las partes con alrededor de USD5.0 Millones.

c. Comentarios Finales

Para lograr el mejoramiento en el aspecto financiero del manejo de residuos sólidos, las medidas posibles caen necesariamente bajo la reducción de costo o bajo el incremento de los ingresos. Un mejor ingreso puede resultar del aumento del número de usuarios del servicio, un cambio en el sistema de derechos del servicio, y una mejor eficiencia de la recaudación. La reducción de costo puede derivarse de una operación más eficiente del servicio de residuos sólidos.

Sin embargo, una mejor eficiencia en la operación podría ser plenamente aprovechada solamente si los datos de costos son registrados en forma apropiada reflejando la operación mejorada. Por lo tanto, se propuso la introducción del software COSEPRE (Costos de Servicios Prestados), con el fin de posibilitar el registro sistemático de los costos del servicio de residuos sólidos. El propósito en introducir COSEPRE fue doble, facilitar el registro de los

costos reales por actividad (recolección, transporte, disposición final), y facilitar la generación de datos para el cálculo de los indicadores de desempeño. Estos indicadores son indispensables cuando se quiere mejorar un servicio, debido a que sin indicadores cuantificados se dificulta el monitoreo que es un medio necesario para lograr el mejoramiento del servicio. El cálculo de los indicadores depende de la existencia de datos apropiados sobre operación y finanzas, lo cual implica la necesidad de un sistema de registro de datos, especialmente aquellos relacionados a costos específicos del servicio. Los indicadores de desempeño serían una herramienta para el monitoreo constante con vistas a lograr el mejoramiento del servicio.

Otra medida sería la actualización periódica de la base de datos de los usuarios del servicio de residuos sólidos. El propósito es el aumento del número de usuarios del servicio en forma permanente. La comparación y verificación con otras fuentes de datos podría mejorar la precisión. Además, un mejor conocimiento de los tipos de usuarios puede permitir la implementación de medidas que se traduzcan en mejores servicios que satisfagan las necesidades de los diversos grupos de usuarios. Esto puede aumentar el número de usuarios satisfechos y mejorar su disposición a pagar por el servicio.

G.3.3.2 Sistema Legal

a. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

El 08 de Octubre de 2003 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Esta ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio mexicano; como también, complementa lo correspondiente a los residuos sólidos contemplado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental.

Las disposiciones de esta ley son de orden público e interés social, y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

El reglamento de esta Ley deberá ser expedido en un plazo no mayor de ciento ochenta días naturales contados a partir de la fecha de su publicación; esto es, alrededor del 08 de junio de 2004.

b. Reglamento para la Prestación del Servicio Público Urbano de Residuos Sólidos No Peligrosos

SEDUMA y los municipios han preparado y revisado el borrador del Reglamento para la Prestación del Servicio Público Urbano de Manejo de los Residuos Sólidos No Peligrosos, en lo referente a las disposiciones para la prestación del servicio de MRS.

Este Reglamento tiene por objeto normar las relaciones entre el Municipio, los clientes y los prestadores particulares y el mantenimiento de la limpieza con la finalidad de preservar y recuperar la calidad del medio ambiente y la protección de la salud

En la Tabla siguiente se muestra un resumen de las principales regulaciones contenidas en la nueva Ley y las propuestas en el borrador del Reglamento sobre la Prestación del Servicio. *Se puede afirmar que ahora se dispone de un marco legal adecuado para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos.*

Un resumen de las principales regulaciones contenidas en la nueva ley y el borrador de la propuesta de la regulación sobre la Provisión de Servicios se muestran en el siguiente cuadro. *Se puede afirmar que ahora existe un marco legal adecuado para el manejo integral de los residuos sólidos urbanos.*

Cuadro G-55: Consideraciones sobre el sistema legal

Provisión de un ambiente sano
<ul style="list-style-type: none"> • Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. • Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. • Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños. • La responsabilidad compartida de los productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicio de manejo de residuos, sea ambientalmente eficiente, tecnológicamente viable y económicamente factible.
Mitigación del impacto ambiental causado por los residuos sólidos
<ul style="list-style-type: none"> • NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales en aguas y bienes nacionales. • PROY-NOM-083-SEMRNAT-2003 Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales. • La disposición de los residuos limitada sólo a aquellos cuya valorización o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada. • Se considera de utilidad pública las medidas necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al ambiente de residuos. • Se considera de utilidad pública la ejecución de obras destinadas a la prevención, conservación, protección del medio ambiente y remediación de sitios contaminados, cuando éstas sean imprescindibles para reducir riesgos de salud.
Conservación de los recursos
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer una sociedad orientada hacia la conservación de los recursos a través de la minimización de los residuos sólidos, utilizando prácticas de reuso, reducción y reciclaje. • Prevención y minimización de la generación de los residuos y su valorización para aprovecharlos como insumos en las actividades productivas. • Acceso al público a la información, la educación ambiental y la capacitación para lograr la prevención de la generación y el manejo sustentable de los residuos

G.3.3.3 Sistema Institucional

a. Roles y Responsabilidades de los Tres Niveles de Gobierno

Bajo el principio de concurrencia, previsto en la Constitución Política artículo 73 fracción XXIX-G, la nueva Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, establece los mecanismos de coordinación entre los tres órdenes de gobierno y señala sus competencias en materia de prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos.

En el siguiente cuadro aparecen los roles y responsabilidades que le competen a cada uno de los tres órdenes de gobierno de acuerdo a la nueva Ley.

Cuadro G-56: Consideraciones sobre el sistema institucional

<p>Provisión de un ambiente sano</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Federación <ul style="list-style-type: none"> -Formular, conducir y evaluar la política nacional -Expedir normas oficiales mexicanas sobre la materia -Regulación y control de los residuos peligrosos • El Estado <ul style="list-style-type: none"> -Formular el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos -Formular, conducir y evaluar la política estatal y elaborar los programas en materia de residuos de manejo especial -Autorizar y llevar a cabo el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores e imponer sanciones • Los Municipios <ul style="list-style-type: none"> -Formular en coordinación con el Estado y con la participación de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de lo Residuos Sólidos Urbanos -Emitir los reglamentos y demás disposiciones jurídico administrativas -Prestar por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos -Otorgar las autorizaciones o concesiones de una o más actividades que comprende la prestación de los servicios -Efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de residuos sólidos urbanos y destinar los ingresos a la operación y el fortalecimiento de los mismos.
<p>Mitigación del impacto ambiental causado por los residuos sólidos</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Federación <ul style="list-style-type: none"> -Expedir normas oficiales mexicanas sobre la materia -Control de la calidad del vertimiento en las aguas nacionales (CNA) • El Estado <ul style="list-style-type: none"> -Diseñar y promover el establecimiento y aplicación de incentivos económicos, fiscales, financieros y de mercado que tengan por objeto prevenir o evitar la generación de residuos; su valorización; su gestión integral y sustentable, así como prevenir la contaminación de sitios por residuos y su remediación. -Dar asistencia técnica a los municipios • Los Municipios <ul style="list-style-type: none"> -Operar la disposición final y remediar los sitios contaminados con residuos sólidos
<p>Conservación de los recursos</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Federación <ul style="list-style-type: none"> -Manejar el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales • El Estado <ul style="list-style-type: none"> -Integrar el Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos -Promover la educación y capacitación continua de personas, grupos u organizaciones con el objeto de contribuir al cambio de hábitos negativos para el ambiente en la producción y consumo de bienes • Los Municipios <ul style="list-style-type: none"> -Integrar el Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos -Promover la minimización de los residuos sólidos mediante campañas de conservación de los recursos: reuso, reducción y reciclaje

b. Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos

La nueva ley establece la creación del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos, con el objeto de constituir un mecanismo de coordinación e información entre los tres órdenes de gobierno en materia de prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos.

Con este Sistema de Información se pueden enlazar las organizaciones gubernamentales concurrentes en la implementación del Plan Maestro, como también, las organizaciones que conforman el capital social al nivel del Estado de Quintana Roo.

Igualmente, el Sistema de Información puede ser utilizado como un mecanismo de información en la implementación del Plan Maestro. A continuación se muestran las diferentes actividades que pueden fortalecerse con el establecimiento de este Sistema.

- Mecanismo de coordinación entre las organizaciones de los tres órdenes de gobierno
- Informar al público sobre el desarrollo del Plan Maestro y sus beneficios
- Medio de difusión de los programas de educación sanitaria y ambiental
- Proveer la participación del público en la prestación de los servicios
- Fortalecer la capacidad de gestión en la prestación del servicio
- Conocer la opinión del público mediante encuestas

G.3.3.4 Manejo

La nueva ley ha establecido los roles y responsabilidades que le competen a cada una de las órdenes de gobierno. Ahora se deben crear los mecanismos e instrumentos para que la gestión del manejo de los residuos sólidos sea efectiva y se pueda proteger la salud y preservar el ambiente.

A nivel del Estado, es conveniente el reforzamiento de su gestión en materia de residuos sólidos mediante la creación de una unidad administrativa especializada en la estructura organizativa de la SEDUMA.

En cada municipio se deben de reestructurar las unidades administrativas a cargo de la prestación del servicio bajo los conceptos y acciones que aparecen en el siguiente cuadro.

Cuadro G-57: Reestructuración de las unidades administrativas de los municipios

Conceptos	Acciones
Mayor jerarquía por su responsabilidad en el manejo de un vital servicio público que moviliza una parte importante de los recursos de la hacienda municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Una unidad administrativa con el nivel de Dirección y de relación directa con el Presidente Municipal
Mejorar la eficiencia de sus operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Estableciendo las metas a lograr de acuerdo a lo que recomiende el Plan Maestro. • Nueva estructura orgánica • Establecimiento de los indicadores de manejo • Capacitación de los recursos humanos • Equipamiento
Alcanzar niveles de calidad de servicio que aseguren la protección de la salud y la preservación del ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Alcanzar los niveles de calidad que se establecen en el borrador del Reglamento para la Prestación del Servicio
Asegurar un flujo continuo y suficiente de fondos a través del establecimiento de los derechos correspondientes	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los derechos que corresponden a la prestación del servicio considerando un derecho de cargo fijo a las unidades domiciliarias y un derecho de tipo volumétrico para los clientes institucionales, comerciales e industriales • La nueva Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos autoriza a los municipios a efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de los residuos sólidos y destinar los ingresos a la operación y el fortalecimiento de los mismo (Artículo 10 fracción X)
Lograr la participación del público en la prestación de los servicios	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar el Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos • Difundir informes periódicos sobre los aspectos relevantes de la prestación del servicio

G.3.3.5 Participación del Sector Privado

El Municipio de Solidaridad ha encargado la gestión del manejo de sus residuos sólidos al sector privado.

En el Municipio de Othón P. Blanco la localidad de Mahahual tiene un operador privado, el resto de las poblaciones es atendido por servicios proporcionados por el Municipio o las Alcaldías y Delegaciones. En Felipe Carrillo Puerto la operación está a cargo del Municipio.

a. Chetumal

La participación del sector privado puede ser beneficiosa en la medida que previamente se decida el por qué se hace necesaria dicha participación y se establezca el marco regulatorio para la contratación y prestación del servicio privado.

El proyecto modelo de mejoramiento del sistema de recolección para la ciudad de Chetumal proporcionará la información sobre las necesidades de inversión, considerando una determinada calidad del servicio y los costos. Luego se podría analizar la posibilidad de la

participación del sector privado; una limitante importante podrá ser la falta del cobro de derechos por el servicio.

Luego de la ejecución del proyecto modelo de mejoramiento de la disposición final en el tiradero de Calderitas, igualmente se podría considerar la participación del sector privado, con lo que podría asegurar el mantenimiento de la calidad del servicio y lograr la protección del acuífero frente a los lixiviados.

b. Felipe Carrillo Puerto

El resultado del proyecto modelo de mejoramiento de la recolección establecerá las necesidades de inversión, pero al tratarse de una localidad pequeña y de bajos ingresos, se podría considerar un servicio de baja rentabilidad para el sector privado.

El tiradero será reparado y se ha propuesto diseñarlo para que funcione como un relleno sanitario manual.

G.3.3.6 Participación Ciudadana

La nueva Ley señala que los tres órdenes de gobierno promoverán la participación de todos los sectores de la sociedad en la prevención de la generación, la valorización y gestión integral de los residuos; a continuación se detallan las principales actividades que les compete realizar.

- Fomentar y apoyar la conformación, consolidación y operación de grupos intersectoriales interesados en el diseño e instrumentación de políticas y programas, prevenir la contaminación de sitios y llevar a cabo su remediación
- Convocar a grupos sociales organizados a participar en proyectos destinados a generar la información necesaria para sustentar programas de gestión integral de residuos
- Celebrar convenios de concertación con medios de comunicación masiva para la promoción de las acciones de prevención y gestión integral de los residuos
- Impulsar la conciencia ecológica y la aplicación de la Ley
- Concertar acciones e inversiones con los sectores social y privado, instituciones académicas, grupos y organizaciones sociales y demás personas físicas y morales interesadas.
- Integrar órganos de consulta en los que participe el capital social con funciones de asesoría, evaluación y seguimiento en materia de la política de prevención y gestión integral de los residuos.
- Asegurar el cumplimiento de la Ley y lo que establezca el Reglamento para la Prestación del Servicio

G.3.4 Selección de un Sistema Óptimo

a. Evaluación de los Escenarios Alternativos

El siguiente cuadro muestra la evaluación de los Escenarios Alternativos

Cuadro G-58: Evaluación de los Escenarios Alternativos

Aspectos de evaluación	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
1. Objetivo principal	Todos los escenarios cumplen con el valor meta de menos de 2,100 ton/año de DBO en la cantidad descargada				
DBO (ton/año)	1,475	1,854	1,803	1,772	1,744
2. Objetivos particulares					
1) Provisión de ambientes sanitarios	El 100% del porcentaje de la recolección es asumido. Provee de un alto nivel al ambiente sanitario habitable, pero el servicio sería excesivo.	El porcentaje de recolección de 80% a 100% se adopta dependiendo de la densidad demográfica de las comunidades. Mientras más grande sea una comunidad, mayor será el porcentaje de recolección empleado. Aunque menor nivel de mitigación del impacto ambiental es alcanzado comparado con el escenario 1, éste será suficiente para mantener el ambiente habitable.			
Porcentaje de recolección (área urbana)	100%	99%	99%	99%	99%
Porcentaje de recolección (toda el área)	89%	87%	86%	86%	86%
2) Mitigación de impactos ambientales causados por los residuos	Se supone que todos los sitios de disposición deben ser rellenos sanitarios, incluso para comunidades rurales pequeñas. Estas serían medidas excesivas.	Diferentes niveles de disposición se deberían adoptar dependiendo de la densidad demográfica de las comunidades, es decir, de vertederos controlados a rellenos sanitarios. Aunque en comparación con el escenario 1 se alcanza menor nivel de mitigación del impacto ambiental, éste será suficiente para no ocasionar serios impactos al ambiente.			
3) Conservación de recursos	No se adopta ninguna medida de de minimización de residuos.	Sólo se adopta la educación ambiental	Se adopta el compostaje de patio en adición a la educación ambiental.	Se introduce el compostaje de residuos de poda en adición a las medidas del escenario 3.	Se introduce la recuperación de material en adición a las medidas del escenario 4.
Porcentaje de minimización de residuos	0% ^a (0%) ^b	2.5% a (2.5%) b	15% a (15%) b	25% a (24%) b	40% a (33%) b
3. Aspectos financieros	Los porcentajes entre los costos estimados de todos los escenarios y el ingreso de las viviendas se encuentra dentro del rango de referencia de 0.5% a 1.3% para países de ingreso medio.				
1000 USD/año	13,927	13,086	11,927	12,632	14,065
Costos/vivienda. Ingreso	0.69%	0.65%	0.59%	0.63%	0.70%
4. Sistema legal	La nueva ley federal "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos" busca prevenir la generación de residuos y reciclar materiales. Por lo tanto, la meta de mayor minimización de los residuos alcanza los objetivos de la ley.				
5. Sistema institucional	Se requiere la estrecha relación de las instituciones como el gobierno federal, estatal y municipal con la finalidad de alcanzar un cierto nivel de disposición final y alentar la minimización de los residuos.				
6. Sistema de manejo	Se requiere alta capacidad de las agencias ejecutoras (municipios) para el manejo apropiado de la disposición final y la minimización de residuos. Especialmente, los rellenos sanitarios son difíciles de operar en pequeñas comunidades respecto a la ingeniería y finanzas.				
7. Participación del sector privado	Hay oportunidades de que el sector público y el privado cooperen en el MRS. Con la finalidad de introducir al sector privado, el sector público debería tener la capacidad suficiente de controlarlos para proveer de servicios adecuados a los ciudadanos.				
8. Participación ciudadana	La minimización de residuos requiere la participación positiva de los ciudadanos en MRS, tal como descarga adecuada de residuos, compostaje de patio, separación y reciclaje de residuos.				

a: porcentaje de residuos que está sujeta a medidas de minimización

b: porcentaje de la cantidad minimizada de residuos

b. Selección de un Escenario Óptimo

Cada escenario cumple con el objetivo principal, es decir, menos de 2,100 ton/año en la cantidad descargada de DBO. Los costos oscilan entre 0.5 y 1.3% del ingreso de las viviendas, lo que se asume como un punto de referencia entre los países de ingreso medio como México. Por consiguiente, podría indicarse que todos los escenarios cumplen con el requisito mínimo.

El Escenario 1 alcanza el 100% de la recolección y de rellenos sanitarios en el área urbana; también descarga la mínima cantidad de DBO. Sin embargo su costo es el más alto. Es prácticamente difícil alcanzar el 100% de la recolección en pequeñas comunidades y la relación costo-efectividad es baja. De manera similar, la construcción y operación de rellenos sanitarios en pequeñas comunidades no es viable.

Otros escenarios consideran la densidad demográfica de la comunidad y tratan entonces de adoptar diferentes niveles de recolección de residuos y disposición dependiendo del tamaño de la población. En este sentido, los otros escenarios son realistas en comparación con el Escenario 1.

Estos escenarios tienen diferentes valores establecidos con respecto a la minimización de residuos. El Escenario 2 emplear bajos porcentajes de minimización de residuos, por lo que la cantidad de recolección y sus costos no bajarán en gran medida.

El Escenario 3 debe supuestamente alentar a los ciudadanos a realizar prácticas de compostaje de traspatio. Esto podría reducir la cantidad recolectada y sus costos. Este escenario podría asimismo ser el más barato de todos; sin embargo, ninguna medida de minimización de residuos ha sido tomada por los municipios y otras instituciones públicas lo cual podría desalentar la participación de los ciudadanos en la práctica de minimización de residuos.

El Escenario 4 realiza el compostaje de residuos de jardinería, en adición a las medidas del Escenario 3, por lo que cuesta más. Sin embargo, este escenario impone la carga de minimización de residuos al sector público y no sólo a los ciudadanos lo cual podría alentarlos a desarrollar acciones de minimización de residuos.

El Escenario 5 adopta Instalaciones de Recuperación de Material. Aunque esto reduciría los residuos a ser depositados, los costos de construcción y la operación de IRM no podrían compensar la reducción de los costos de disposición. Este escenario es el más caro.

La Contraparte Mexicana y el Equipo de Estudio mantuvieron discusiones para la selección de un escenario óptimo, tomando en consideración todo lo mencionado anteriormente. Consecuentemente, el Escenario 4 fue seleccionado como el más óptimo.

Cuadro G-59: Sistema Técnico de MRS seleccionado

Sistema Técnico	Escenario 4
1. Reducción en la fuente	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	80 - 100% del porcentaje de la recolección depende de la densidad demográfica de la comunidad
3. Tratamiento Intermedio	Compostaje de residuos de jardinería
4. Disposición Final	Diferentes niveles de disposición dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad