

3.3 Evaluación de las Condiciones Actuales y Confirmación de Temas Clave

3.3.1 Sistema Técnico

3.3.1.1 Sistema de Descarga¹ y Almacenamiento en la Fuente de Generación

El almacenamiento y la descarga de residuos mezclados son prácticas que predominan en los sistemas actuales. Sin embargo, para poder promocionar "actividades de reciclaje" y de "reducción de la cantidad final de residuos" como elementos clave para la conservación de recursos, es indispensable la "separación en fuente" de los residuos. Por otra parte, en el contexto actual, no existe una reglamentación específica ni lineamientos para este propósito encaminados a la utilización de contenedores adecuados para el almacenamiento de residuos. Los generadores de residuos (el público en general y las instituciones) utilizan recipientes independientes, tales como los botes de basura, las bolsas de plástico, cajas, huacales, etc.

La "separación en fuente" requiere de lo siguiente: la dedicación y concientización de la gente; una observación estricta de los métodos de descarga; cambios en los contenedores de descarga /almacenamiento; etc. En consecuencia, se necesita bastante tiempo para popularizar las prácticas de "separación en fuente" hasta que se vuelvan una práctica común.

3.3.1.2 Sistema de Recolección y Transporte

a. Sistema de Recolección

Los residuos municipales mezclados son recolectados por el sistema actual de "recolección mixta". Ya que la recolección de los residuos municipales es responsabilidad de cada delegación. Existen muchos lugares y ocasiones en los que la frecuencia de recolección y su frecuencia no es regular.

El total de vehículos de recolección en las 16 delegaciones es de 2,011. De este total, 1,087 vehículos han estado en servicio durante más de 15 años (el más antiguo de la lista data de 1965). Por lo tanto, sus descomposturas son constantes y los costos recurrentes de mantenimiento y reparaciones es bastante significativa.

El promedio de viajes de los vehículos recolectores en servicio (1,434 vehículos) es de aproximadamente 1.7 viajes/día. 10 delegaciones tienen su promedio de viajes por día inferior a esta cifra.

Esta eficiencia tan baja de los vehículos es atribuible a lo siguiente:

- Muchos de los vehículos son muy viejos y están muy dañados, por lo que la incidencia de descomposturas es muy alta; y
- La pre - pepeña (recuperación de material) la llevan a cabo los tripulantes de los vehículos durante las rutas de recolección, por lo que se ocupa más tiempo en la pre - pepeña que en recibir los residuos.

b. Estación de Transferencia

No se miden los volúmenes recibidos y que salen de las estaciones de transferencia, sino que se calculan a partir de la capacidad nominal de los vehículos/trailers y sus

¹ Por Descarga se entiende la disposición interna de los residuos después de la generación y de separación a partir de materiales reciclables. Para el generador es rechazo.

números. En consecuencia, la estación de transferencia, junto con los volúmenes estimados, tienen una limitante seria debido a que dependen de una estimación. Por ello deben instalarse básculas, tan pronto como sea posible, en todas las estaciones de transferencia para poder manejar cifras reales de los volúmenes que se reciben y transfieren.

Al menos, a partir de ahora, debería establecerse y utilizarse un formato único para la recopilación de datos (para las cantidades recibidas/transferidas, gastos de O&M, etc.) para poder manejar, revisar y mejorar las operaciones de las estaciones de transferencia.

c. Sistema de Transporte

Se utiliza el control del tiempo real de la operación de los trailers, por medio de sistemas GPS. Sin embargo, ya que no se mide el verdadero peso de la carga (sólo se estima), la eficiencia del transporte se basa únicamente en un rango de estimación.

3.3.1.3 Sistema de Procesamiento, Tratamiento Reciclaje

a. Incineración

De 1990 a 1992, se operó una planta de incineración piloto para los RS municipales con instalaciones consideradas de alta calidad en ese tiempo para el tratamiento de emisiones. Sin embargo, no se obtuvo el desempeño esperado de tal planta. La falla se debió principalmente a que esta última no estaba diseñada para la composición de los residuos en México, cuyos valores caloríficos tienen un rango por debajo de 1,200 kcal/kg.

Si en el futuro se desea instalar una planta de incineración, se requiere cumplir con las normas estándares establecidas en 1997 (NOM-ECOL/95). En consecuencia, se debe invertir fuertemente también en instalaciones para el tratamiento de emisiones (instalaciones de absorción de húmedos y de filtro de bolsa, por ejemplo).

b. Compostaje

La falla de la instalación de compostaje, que fue operada por la delegación Gustavo A. Madero desde 1974 y que fue desmantelada en 1993, puede atribuirse a algunos de los siguientes problemas:

- La composta no podían ser comercializada fácilmente debido a las impurezas que contenía (como vidrio y plástico);
- La baja productividad de la planta se debía a la escasez de recursos de la delegación para la operación y mantenimiento; y
- Por otra parte, se puede atribuir el problema técnico de la calidad de la composta a que se introducían residuos municipales mixtos para este proceso.

Por lo tanto, si se desea instalar una planta de compostaje en el futuro, se necesita introducir y practicar una "separación en fuente" y una "recolección separada" de los residuos orgánicos, para así no cometer los mismos errores.

c. Plantas de Selección (P/S)

En primer lugar, el problema de la baja tasa de recuperación de materiales de las P/S se debe a la introducción de residuos municipales mezclados. Además, hay que

añadir que las líneas de recuperación actualmente están excesivamente sobrecargadas con residuos:

- El grosor de la capa de residuos en las bandas de selección, que es un factor determinante para la eficiencia de la selección, es de hasta 40 cm ó 50 cm. Por lo tanto, los trabajadores no pueden identificar plenamente los materiales momentáneamente, por lo que vacían y abren la capa de residuos a mano. En consecuencia, pierden un tiempo valioso para la selección de materiales.
- La velocidad de los transportadores de las bandas de selección es de hasta 20 Mts/min. Por lo que la recuperación de materiales disminuye considerablemente.

Por lo tanto, si se quiere aumentar la eficiencia de las P/S, deberán mejorarse las condiciones de trabajo en las bandas de selección y para elevar la recuperación de materiales.

Además, la P/S de Santa Catarina no cuenta con una báscula, lo que dificulta saber el flujo de entrada/salida preciso de los residuos.

3.3.1.4 Sistema de Disposición Final

El sitio de disposición final de Bordo Poniente utiliza un recubrimiento impermeable en el fondo (PEAD de 1.0 mm de espesor). Se lleva a cabo el proceso de un relleno sanitario, por lo que existen realmente pocos problemas operativos.

El sitio de disposición final de Santa Catarina, aunque cuenta con fondo de trabajo más ancho para el relleno, cumple con las medidas de relleno sanitario como las siguientes: eliminación de biogas, cubierta final de tierra con una capa de suelo vegetal y líneas de recolección de lixiviados (parciales). En la práctica tiene pocos problemas técnicos. Por otra parte, un fondo de trabajo de aproximadamente 5 hectáreas juega un papel importante en la recuperación de materiales por parte de los pepenadores, ya que están al aire libre, que ocasiona la propagación de moscas, mosquitos y olores penetrantes.

a. Vida Útil del Sitio de Relleno

Los sitios de disposición final de los RS Municipales que prestan servicio actualmente en el DF son Santa Catarina y Bordo Poniente "Etapa IV". El sitio de Santa Catarina será cerrado próximamente debido a la escasa capacidad restante que posee. Se calcula que el sitio Bordo Poniente "Etapa IV" funcionará hasta enero o febrero del año 2001. Por lo tanto, se deben buscar rápidamente nuevos sitios alternativos para la disposición final.

b. Manejo de Lixiviados

b.1 Recolección de Lixiviados

Aunque el relleno actual de Bordo Poniente Etapa IV utiliza la membrana PEAD en el fondo del mismo, todavía no se instala el sistema de recolección de lixiviados. Por lo tanto, no se filtran totalmente los lixiviados dentro de las capas de residuos quemados, sino que se está filtrando al fondo de la pendiente de la celda hacia los diques a un lado del camino o al mismo camino. La filtración de lixiviados al borde del camino es recolectado parcialmente por camiones cisterna, aunque la mayor parte

de éstos se filtran a la tierra, a pesar de que el relleno cuenta con un recubrimiento impermeable en el fondo.

Para poder evitar este fenómeno, se deben instalar líneas de recolección de lixiviados en las capas de relleno, para facilitar el drenaje de los mismos y mejorar el manejo de estos líquidos.

b.2 Tratamiento y Disposición de los Lixiviados

El tratamiento actual de lixiviados que lleva a cabo la DGSU es a través de: (i) un tratamiento físico y químico; y (ii) la laguna de evaporación, ambos en el área de Bordo Poniente. El primero necesita costos de operación y mantenimiento altos, mientras que el segundo sufre algunas veces de sobreflujo de lixiviados en la laguna.

3.3.2 Sistema Institucional

La estructura legislativa e institucional que tienen por objeto los RS es bien elaborada y adecuada. Algunos puntos reglamentados en el pasado por el Reglamento del Servicio de Limpia deben de ser **revisados** sobre la base legal ahora existente.

Algunas políticas y prácticas administrativas, particularmente las referentes a personal y a la contratación de servicios, deben ser profundamente reconsideradas.

Los **contratos** deben ser más económicos y menos complicados para el GDF y los contratistas. Éstas van a tornarse mucho más contundentes cuando el GDF desarrolle una política de contratación de servicios de recolección y otros servicios que impliquen altas inversiones en equipos y mano de obra. En ese momento, no solamente los plazos y las amplitudes de los contratos deberán de ser adecuados, como también podrá ser conveniente, para ambas partes contratantes, un **seguro** que les asegure, de un lado la instrumentación del servicio, y de otro, el recibimiento en las fechas contratadas.

Aunque no se cambien las modalidades permitidas en Ley, las **relaciones laborales** deberán de ser revisadas, buscándose justicia para ambas partes, con derechos y deberes rígidamente fijados y controlados. Pero un cambio radical será factible solamente en largo plazo, precedido o en conjunto con la total supresión de la estructura informal que hoy soporta todo el SMRS.

Los puntos flacos de la legislación laboral ayudaron a formar o fortalecer la **estructura informal dominante** en el Sistema, la cual parece tener origen y en un estilo político tradicional de atención a reivindicaciones de grupos políticamente bien liderados, y sustentación económica en la "gratuidad" establecida en el Reglamento de Limpia y, de otro lado, en el justo reconocimiento del ciudadano por el servicio que le es efectivamente prestado.

No hay duda que el ciudadano paga a su servidor contra el servicio efectivo y a precio negociado o implícitamente acordado.

3.3.3 Aspectos Sociales

El servicio de MRS en el DF no muestra actualmente problemas sociales conflictivos, sin embargo hay puntos críticos subyacentes que obstaculizan el mejoramiento del

sistema, y que podrían afectar la instauración del plan maestro, si no son enmendados o por lo menos mitigados durante el proceso a recorrer hasta el año 2010.

Entre esos puntos críticos sociales subyacentes se pueden citar:

- Existencia de un elevado número de trabajadores informales, sin protección de leyes laborales.
- Costos sociales: subsidios que otorga el GDF para el MRS, se transmiten a la sociedad. Tributos que se dirigen a financiar los subsidios en lugar de orientarse a otros proyectos de beneficio social más amplio.
- Se desconoce si hay distribución equitativa entre los ex-pepenadores de ingresos de la comercialización de materiales recuperados en las P/S.
- Todavía opera el relleno de Sta. Catarina con pepenadores.
- Aunque en pequeña proporción, hay zonas periféricas del DF que tienen servicio de recolección deficiente o esporádico.
- Indiferencia en las relaciones entre los usuarios y el servicio de limpia del GDF.
- Débil supervisión para el cumplimiento de la legislación laboral y de seguridad social y de salud del grupo de trabajadores de las empresas contratistas.

3.3.4 Sistema Organizacional

Es notable la carencia de una organización de control y mantenimiento (con el respectivo suministro de piezas) de los equipos recolectores, hecho que es esperado gracias a la cooperación de los beneficiarios informales de la recolección. La misma carencia existe cuanto a los demás equipos, que es superada por la contratación de su operación y mantenimiento. En cualquier situación, entretanto, es recomendable una mayor atención a esos aspectos, que conducen a que la productividad y alza de costos, sobre todo porque los equipos son especializados y gran parte es importada, hechos que deben resultar en demora en la obtención de repuestos, o en improvisaciones. Es cierto, también, que la contratación o concesión de servicios incluyendo los equipos necesarios puede ser un buen camino.

El planteamiento y el control de los servicios de recolección domiciliaria y de limpieza de calles son empíricos y están a cargo de la estructura informal, con excepción de los servicios especializados.

Hace falta un reglamento de ejecución de servicios y uno de procedimientos públicos con relación al aseo urbano y a los residuos, con las respectivas sanciones. Así como hace falta una comunicación permanente con los vecinos, dándoles orientación, recibiendo y dando atención a sus quejas, lo que sería un medio importante de monitorear los servicios.

3.3.5 Determinación del Costo Unitario del Manejo de Residuos Sólidos en el DF, 1998

El resumen del "Costo Unitario de Manejo de Residuos Sólidos en el DF" se muestra continuación.

1. Inversión de capital	
1.1 Plantas de reciclaje	2.7
1.2 Estaciones de transferencia (13 unidades) *1	13.6
2.3 Sitio de disposición final	0.5
Subtotal	<u>16.8</u>

2. Costos recurrentes

2.1 Recolección	16.1
2.2 Estaciones de transferencia (13 unidades)	13.9
2.3 Plantas de reciclaje (P/S, tres unidades)	4.6
2.4 Sitios de disposición final (3)	3.2
2.5 Disposición de descarga ilegal (tiraderos clandestinos)	18.2
2.6 Limpieza de vías principales	0.7
Subtotal (2.1-2.4)	37.8
Subtotal (2.1-2.6)	56.7

3. Costos ocultos (propinas)

3.1 Propinas de los hogares	8.1
3.2 Fincas de las entidades	25.8
Subtotal	33.9

"COSTO UNITARIO GLOBAL" DEL MRS, US\$/ton/año/precio 98

Alternativa 1: sin tiraderos clandestinos y limpieza de vías principales **82.6**

Alternativa 2: incluye todos los factores de costo **107.5**

*1 Incluyendo las rutas y trailers en servicio

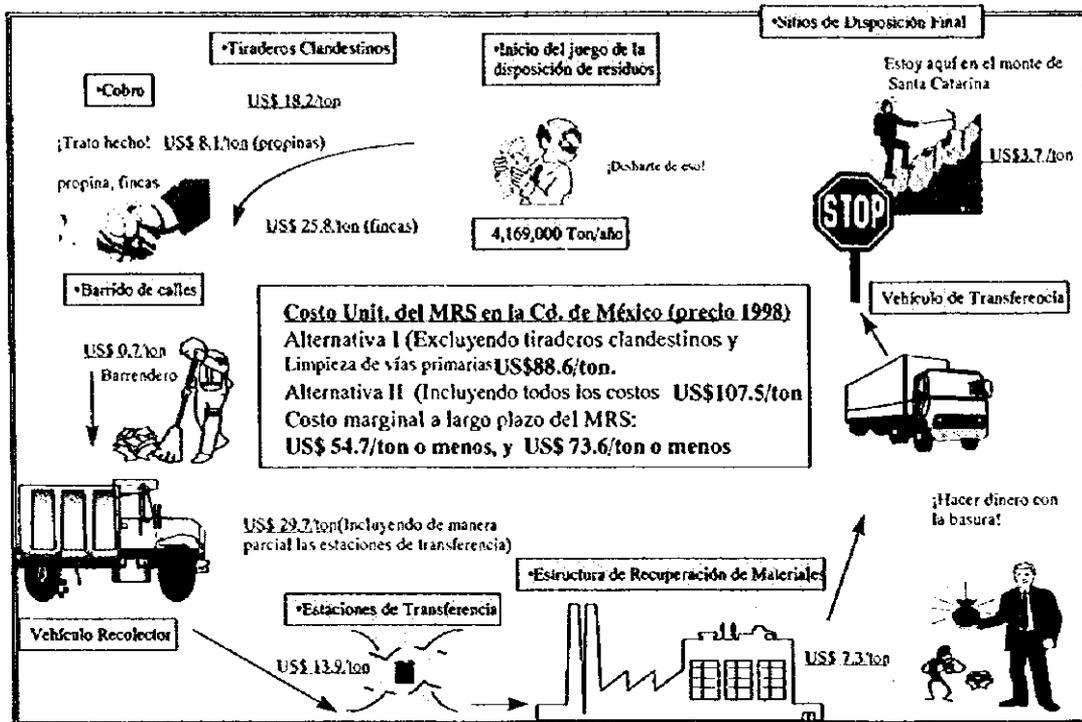
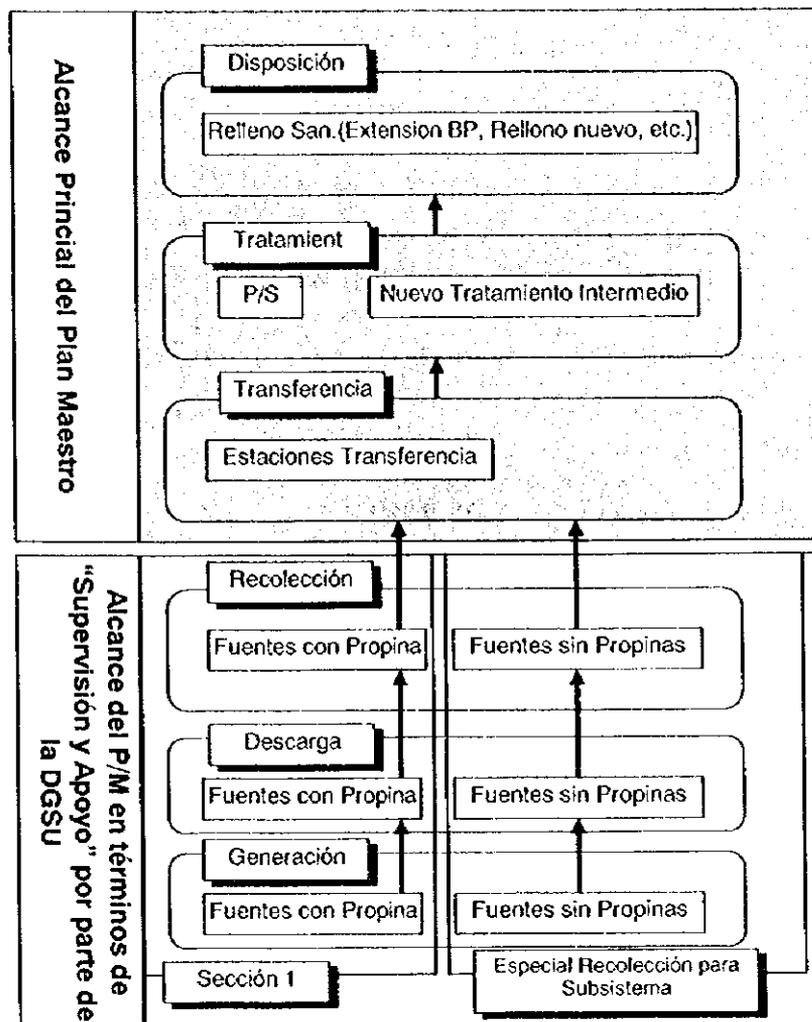


Figura 3-7: Costo Unitario del Manejo de Residuos Sólidos (2)

4 Conformación de Marcos de Planeación para el Plan Maestro

4.1 Alcance de los Marcos de Planeación para el Plan Maestro

El alcance del campo de estudio del P/M se define en la Figura 4-1.



BP: Sitio de disposición final de Bordo Poniente

Figura 4-1: Alcance del P/M

4.2 Objetivos, Metas y Estrategias

4.2.1 Objetivos y Año Meta

a. Objetivos

El objetivo principal del Plan Maestro es establecer un Sistema de Manejo de Residuos Sólidos sustentable para el año meta 2010 en la Ciudad de México, en donde se concentran la mayor población y las actividades económicas principales.

El Plan Maestro busca lo siguiente:

- ◆ Promover el bienestar de los ciudadanos;
- ◆ Implantar un MRS sustentable; y
- ◆ Contribuir a la conservación ambiental.

b. Metas

En concordancia con el alcance de trabajo del estudio, el año meta para el plan maestro es el siguiente:

Plan Maestro: Año 2010

4.2.2 Análisis del Marco del Plan Maestro

a. Alternativas Básicas

Las tres alternativas del Cuadro 4-1 fueron examinadas durante pláticas entre el equipo y la contraparte para poder establecer el marco del P/M.

Cuadro 4-1: Alternativas Básicas para el P/M

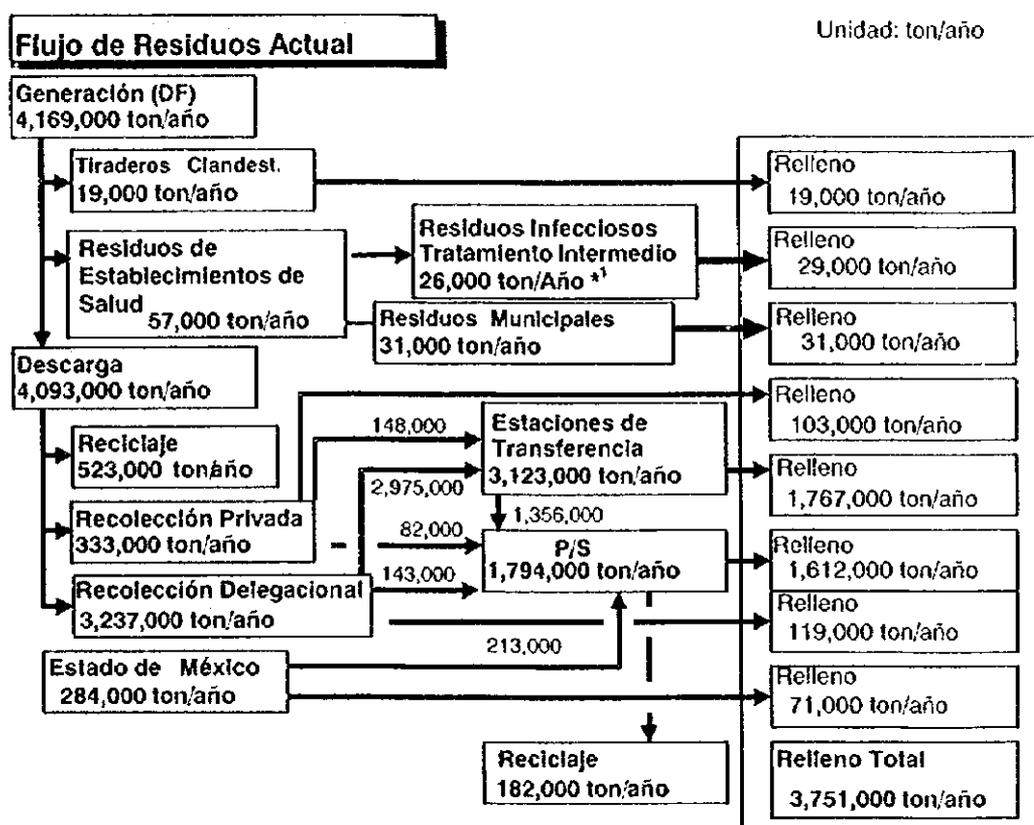
	Propósito	Concepto Básico	Lineamiento	Resultado
ALT 1	Bienestar Social para ex pepenadores	Sin cambio	Sin cambio en la situación actual.	Sin mejoras
ALT 2	Beneficio Financiero	Ahorro en costos	Cierre de P/S	<ul style="list-style-type: none"> • La DGSU ahorrará en costos de operación y mantenimiento para las P/S. • Aumenta la cantidad de disposición.
ALT 3	Recuperación de Materiales, conservación de recursos y reducción de la cantidad de residuos para disposición	Mejoras en la eficiencia de la recuperación	<p>Mejoras en las condiciones de entrada de residuos en las P/S.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en la calidad de los residuos que entran (gracias a la introducción de los sistemas de "separación en fuente" y "recolección separada"). • Reducción de la cantidad de entrada de residuos. <p>Mejoramiento del sistema para la comercialización de los materiales recuperados</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mecanismo de almacenamiento para ajustar la oferta con la demanda en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación de materiales y conservación de los recursos. • Reducción de la cantidad de residuos para disposición

Tomando en cuenta los objetivos del P/M descritos en la sección anterior, se debe formular el marco del P/M (es decir, el delimitamiento del MRS en el año meta) en conjunción con la alternativa 3.

b. Concepto Básico

b.1 Sistema de Descarga

La Figura 4-2 ilustra el flujo actual de residuos, en el cual los materiales son reciclados en la fuente generadora, en el proceso de los residuos mezclados y en las P/S. Aunque se estima que los materiales potencialmente reciclables representan 37% de la generación total de residuos, las tasas de recuperación de materiales son de únicamente 14% durante el proceso de recolección y de 4% en las P/S de la generación total.



Nota: *1: Aumenta 3,000 ton/año como aditivo para tratamiento.

Figura 4-2: Flujo Actual de Residuos

EL MRS sustentable requiere de la promoción de la recuperación de materiales y la reducción al mínimo de la cantidad de residuos para disposición. éstos, a su vez, necesitarán inevitablemente una descarga de residuos separados en la fuente y recolección separada.

Se introducirá la descarga separada paso a paso dentro del subsistema, alcanzándose una tasa de separación de 100% en el año 2004 en el P/M.

Por otra parte, el programa de “separación en fuente” se introducirá en años posteriores en aquellos generadores que reciben los servicios de recolección de residuos por parte de las delegaciones de manera más gradual, poniendo especial interés en la experiencia acumulada con el subsistema y alcanzando una tasa de separación de 50% en el año 2010.

Se muestra el programa de descarga y recolección separada del P/M en la Figura 4-3.

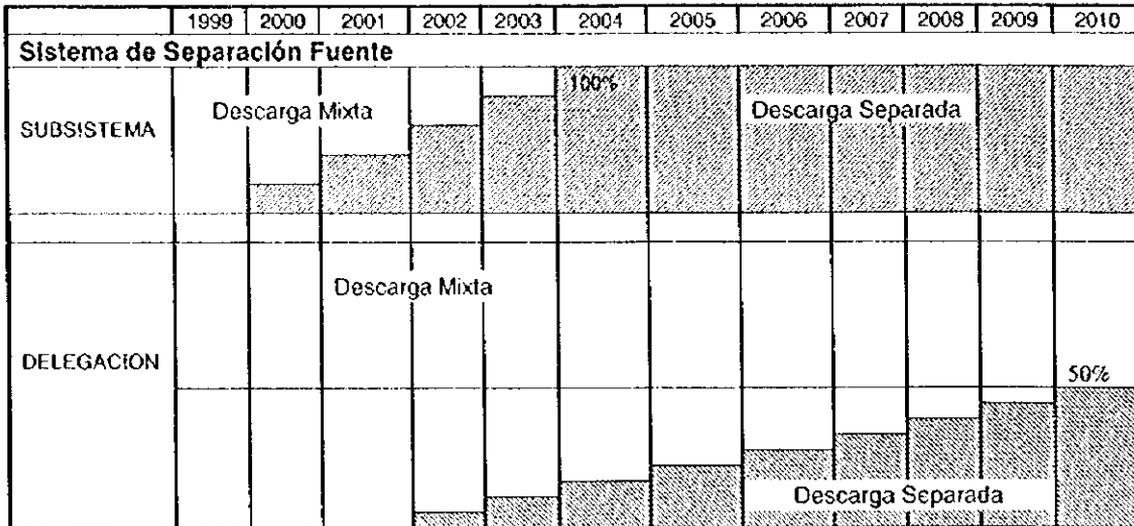


Figura 4-3: Programa de Descarga y Recolección Separada

b.2 Sistema de Tratamiento y Disposición

El subsistema comprenderá la Central de Abasto y los mercados públicos, que generan una gran cantidad de residuos orgánicos. Sobre la hipótesis de la descarga de residuos separados, se deberá introducir un tratamiento para los residuos orgánicos.

Respecto a las P/S, para poder elevar la tasa de recuperación de materiales, deberán delinearse medidas dentro del P/M para recuperar los materiales de manera eficiente a partir de residuos mixtos o de residuos reciclables separados descargados.

b.3 Año Meta para el Estudio de Factibilidad

El año 2004 está estipulado como el Año Meta para el Estudio de Factibilidad, cuando la tasa de descargas separadas haya alcanzado 100% en el subsistema.

4.2.3 Metas y Estrategias

a. Cifras Meta

Para poder alcanzar los objetivos principales, se muestran a continuación las cifras meta para los componentes esenciales que constituyen el MRS.

Cuadro 4-2: Cifras Meta para el Sistema del MRS

		Presente (1997/98)	E/F (2004)	P/M (2010)
Cantidad de Generación (ton/año)		4,169,000	4,302,000	4,430,000
Separación en fuente	Subsistema	0(%)	100(%)	100(%)
	Delegación	0(%)	14.5(%)	50(%)
Recolección separada	Subsistema	0(%)	100(%)	100(%)
	Delegación	0(%)	14.5(%)	50(%)
Cantidad entrante de residuos separados en P/S	Subsistema	0	247,000 (ton/año)	253,000(ton/año)
	Delegación	0	191,000(ton/año)	591,000(ton/año)
Nuevo tratamiento intermedio	Subsistema	0(%)	100(%)	100(%)
	Delegación	-	-	-
Cantidad de disposición final (ton/año)	Subsistema	0	302,000	308,000
	Delegación	3,407,000	2,738,000	2,624,000
	Residuos hospitalarios	60,000	61,000	62,000
	Edo. de México	284,000	284,000	284,000
	Total	3,751,000	3,385,000	3,278,000

b. Estrategias del Proyecto

Las acciones estratégicas para acumular los objetivos y metas, tienen que ser introducidas, en la práctica, paso a paso hacia la meta del año 2010. Entonces, es recomendable dividir el periodo hasta el año meta en tres fases, como se muestra en el Cuadro 4-3, Cuadro 4-4, Cuadro 4-5 y Cuadro 4-6.

Cuadro 4-3: Alternativa Recomendada para las Estrategias de la Fase 1 para el Plan Maestro (1999-2001)

	Aspectos Técnicos		Aspectos Institucionales	
	Subsistema	Delegación	Subsistema	Delegación
Descarga/Almacenaje	<ul style="list-style-type: none"> Promover la conciencia pública de separar las cargas (3 categorías) a través de educación ambiental. Instrumentación de un proyecto piloto para la separación en fuente (3 categorías). Introducción por fases de la separación en fuente (3 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Preparación e instrumentación de un proyecto piloto para la separación en fuente (2 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Preparar el Reglamento para Manejo de Residuos Sólidos en las Fuentes 	<ul style="list-style-type: none"> Instauración del Reglamento
Recolección	<ul style="list-style-type: none"> Instauración de un proyecto piloto para separación de desechos de recolección (3 categorías). Introducción por fases de recolección de desechos separados (3 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Formulación de un P/M para separación de recolección (2 categorías) en cada delegación. 	<ul style="list-style-type: none"> Otorgar el contrato al sector privado 	<ul style="list-style-type: none"> Analizar las condiciones para institucionalizar a la Sección I en entidades privadas
ET & Tr.	<ul style="list-style-type: none"> Instalación de puentes básculas de peso en cada estación. Uso de un solo formato para la recopilación de datos. Establecimiento de transportes de monitores y sistemas de control (para 3 flujos)¹ basados en medidas de los pesos de entrada y salida. 		<ul style="list-style-type: none"> Contratación 	
P/S	<ul style="list-style-type: none"> Experimentación de la modificación de operaciones (reduciendo la cantidad de entrada y las velocidades de línea), para incorporar un objetivo orientado a la cantidad recogida, además presentar un objetivo puede ser más importante. Experimentos de "sistemas de almacenaje" para los materiales recuperados y hacer frente a los precios de mercado. 		<ul style="list-style-type: none"> Analizar la concesión (Verificar las condiciones para institucionalizar a los grupos de Ex-pepenadores en cooperativas) 	
NTE ²	<ul style="list-style-type: none"> Diseño y Construcción 		<ul style="list-style-type: none"> Inversión por parte de DGSU Establecer los estándares de calidad del producto <p>Financiamiento Prioritario</p>	
Disposición Final	<ul style="list-style-type: none"> Establecimiento de un sistema de recolección y recirculación de lixiviados en el Bordo Poniente "Etapa IV". Expansión vertical en el Bordo Poniente "Etapa IV". Diseño y construcción de un nuevo sitio de relleno. 		<ul style="list-style-type: none"> Inversión por parte de DGSU para BP IV y BP V. <p>Financiamiento Prioritario</p>	

Nota:

Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.

1) 3 flujos, se refiere al flujo de desechos de cada estación de transferencia a las P/S, de las estaciones de transferencia a los sitios de disposición final y de los P/S a los sitios de disposición final.

2) NTE: Nuevo Tratamiento Intermedio

Cuadro 4-4: Alternativa Recomendada para las Estrategias de la Fase 2 para el Plan Maestro (2002-2004)

	Aspectos Técnicos		Aspectos Institucionales	
	Subsistema	Delegación	Subsistema	Delegación
Descarga/Almacenaje	<ul style="list-style-type: none"> Promover la separación de la descarga al público (3 categorías) a través de educación ambiental. Introducción por fases de la separación en fuente (3 categorías) buscando una cobertura de 100% en el 2004. 	<ul style="list-style-type: none"> Promover la separación de la descarga al público (2 categorías) a través de educación ambiental. Introducción por fases de la separación en fuente (2 categorías). 	-----	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentar el Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos en las Fuentes
Recolección	<ul style="list-style-type: none"> Establecer métodos de separación de las recolecciones (3 categorías). Introducción por fases de la separación de las recolecciones (3 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Introducción por fases de la separación de las recolecciones (2 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Otorgar el contrato al sector privado (Preparar la Concesión y Permiso) 	<ul style="list-style-type: none"> Preparar la Concesión/Permiso (Formalizar a la Sección 1 como entidades privadas y con los fondos necesarios) <p>2a. Prioridad de Financiamiento</p>
			<ul style="list-style-type: none"> Preparar los criterios para fijar las tarifas* y los subsidios 	
ET & Tr.	<ul style="list-style-type: none"> Uso del sistema de monitoreo y control del transporte (para 5 flujos)¹ basado en la adecuada medida de las entradas y salidas Uso eficiente del transporte con el sistema de monitoreo y control. 		<ul style="list-style-type: none"> Contratación 	
P/S	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentación de las operaciones de control (control de las cantidades de entrada y control de la velocidad de líneas) con los 2 objetivos siguientes: (a) utilidades orientadas en lo recolectado; y (b) recolección cuantitativa y el (a) debe ser menos importante que (b). Establecimiento de un "sistema de almacenaje" para los materiales recuperados para ganar con las fluctuaciones de los precios de mercado. 		<ul style="list-style-type: none"> Preparar la Concesión (Formalizar grupos de Ex-pepenadores como Cooperativas y con los fondos necesarios) <p>2a. Prioridad de Financiamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Negociar la instauración de mejoramientos en las P/S condicionada a la institucionalización de los ex - pepenadores como cooperativas u otra forma jurídica adecuada 	
NTI ²	<ul style="list-style-type: none"> Empezar las operaciones en las nuevas instalaciones. 		Análisis de cuatro opciones: A. Estado actual (DGSU) A.1 Operación directa por DGSU A.2 Contratación de operación B. Paraestatal C. Concesión Preparación de B o C si se elige esta opción.	
Disposición Final	<ul style="list-style-type: none"> Empezar las operaciones en las nuevas instalaciones.. 		Análisis de tres opciones: A. Estado actual (DGSU) A.1 Operación directa por DGSU A.2 Contratación de operación B. Paraestatal Preparación de B si se elige esta opción.	

Nota:

Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.

* Tarifa: Precio del servicio que el ciudadano paga al concesionario

1) Los 5 flujos se refieren a los flujos adicionales de residuos de las estaciones de transferencia al NTI y del NTI a los sitios de disposición final, así como a los tres flujos actuales.

Cuadro 4-5: Alternativa Recomendada para las Estrategias en la Fase 3 para el P/M (2005-2010)

	Aspectos Técnicos		Aspectos Institucionales	
	Subsistema	Delegación	Subsistema	Delegación
Descarga/Almacenaje	<ul style="list-style-type: none"> Continuar promoviendo la separación de los desechos (3 categorías) a través de educación ambiental. Mantener cobertura de 100% en la separación en fuente (3 categorías) 	<ul style="list-style-type: none"> Promover la conciencia pública de la separación de las cargas (2 categorías) a través de educación ambiental. Posterior introducción de la separación en fuente (2 categorías) esperando una cobertura de 50% en el 2010. 	-----	-----
Recolección	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento o/y mejora de los métodos de separación (3 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Posterior introducción de la recolección separada (2 categorías). 	<ul style="list-style-type: none"> Concesión/Permiso a las Entidades Privadas 	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar la Concesión/Permiso
ET & T	<ul style="list-style-type: none"> Utilización del sistema de monitoreo y control en transportes (para 5 flujos)¹ basado en las acertadas mediciones de peso de las entradas y salidas. Eficiente transportación por el sistema de control y monitoreo. 		<ul style="list-style-type: none"> Contratación 	
P/S	<ul style="list-style-type: none"> Instauración de los controles de operación (cantidad de entrada y velocidad de líneas) con el objetivo principal de una "orientación cuantitativa de recolección". Utilización del óptimo "sistema de almacenaje" para los materiales recuperados y favorecerse con las fluctuaciones de los precios del mercado. 		<ul style="list-style-type: none"> Concesión 	
NTI	<ul style="list-style-type: none"> Operación y mantenimiento de las nuevas instalaciones. 		Cuatro opciones: A. Estado actual (DGSU) A.1 Operación directa por DGSU A.2 Contratación de operación B. Paraestatal C. Concesión Preparación de B o C si se elige esta opción.	
Disposición Final	<ul style="list-style-type: none"> Operación y mantenimiento de las nuevas instalaciones. 		Tres opciones: A. Estado actual (DGSU) A.1 Operación directa por DGSU A.2 Contratación de operación B. Paraestatal Preparación de B si se elige esta opción.	
Consideraciones Especiales: <ul style="list-style-type: none"> Uso regional de los futuros Sitios de Disposición Final. Examinación de las tecnologías de reducción de volúmenes de residuos (tales como incineración.) 				

Nota:

Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.

* Tarifa: Precio del servicio que el ciudadano paga al concesionario

1) Los 5 flujos se refieren a los flujos adicionales de residuos de las estaciones de transferencia al NTI y del NTI a los sitios de disposición final, así como a los tres flujos actuales.

Cuadro 4-6: Alternativa Institucional para el P/M

	Flujo de Residuos	Flujo de Institucionalización	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
			1999 - 2001	2002 - 2004	2005 - 2010	2011 -
Sub-sistema	↓	↓	Contratación de Entidades Privadas	(Preparar la Concesión) Contratación de Entidades Privadas	Concesión a Entidades Privadas	Concesión a Entidades Privadas
Recolección			Análisis de la Concesión (Verificar las condiciones para institucionalizar la Sección 1 en entidades privadas)	Preparar la Concesión/ Permiso (Formalizar la Sección 1 como entidades privadas y con los fondos necesarios) 2a. Prioridad de Financiamiento	Iniciar la Concesión y Permiso a Entidades Privadas	Concesión y Permiso
P/S			Análisis de la Concesión (Verificar las condiciones para institucionalizar a los grupos de Ex-pepenadores en Cooperativas)	Preparar la Concesión (Formalizar a los grupos de Ex-pepenadores como Cooperativas y con los fondos necesarios) 2a. Prioridad de Financiamiento	Concesión	Concesión
E/T y de Transporte			Contratación	Contratación	Contratación	Contratación
NTI			Inversión por parte de DGSU 1a. Prioridad de Financiamiento	A1. Operación directa por DGSU o A2. Contratación de operación Análisis de cuatro opciones: A. Estado actual (DGSU), ya sea A.1 o A.2 B. Paraestatal, y C. Concesión Preparación de B o C si se elige esta opción.	A1, A2, B o C.	A1, A2, B o C.
Disposición Final			Inversión por parte de DGSU 1a. Prioridad de Financiamiento	A1. Operación directa por DGSU o A2. Contratación de operación por parte de DGSU Análisis de tres opciones: A. Estado actual (DGSU), ya sea A.1 o A.2, y Paraestatal. Preparación de B si se elige esta opción.	A1, A2 o B.	A1, A2 o B.

Nota: Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.

5 El Plan Maestro

5.1 Bosquejo del Plan Maestro

5.1.1 Sistema de Descarga y Almacenamiento

En la actualidad no se lleva a cabo la separación en fuente en el DF. Empero, si se toma en cuenta la consecuencia futura del MRS en el DF, la separación en fuente es ineludible. A continuación se muestra un plan para la separación en fuente propuesto por el P/M.

a. Calendario de Tiempos

Se muestra el programa de descarga y recolección separada del P/M en la Figura 5-1.

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Sistema de Separación en Fuente												
SUBSISTEMA	Descarga Mixta					100%	Descarga Separada					
DELEGACION	Descarga Mixta						Descarga Separada					
												50%

Figura 5-1: Programa de Descarga y Recolección Separada

b. Conceptos de Separación

Se propone dividir en tres categorías la separación en fuente (orgánicos, reciclables y otros).

Por otra parte, los servicios de recolección por parte de las delegaciones se prestan a generadores individuales, cuyos esfuerzos para la separación en fuente son poco rastreables. Ya que se anticipa que los generadores no alcancen este nivel de separación en fuente en tres grupos dentro de los servicios de las delegaciones, se propone utilizar un sistema con las categorías de separación más simples (dos categorías: reciclables y otros) para la separación en fuente en los servicios de la Delegación.

Cuadro 5-1: Categorías de Separación en Fuente

Sistema	Tipo de Separación	Categoría de Residuos
Subsistema	Separación en 3 categorías	orgánico, reciclables y otros
Delegación	Separación en 2 categorías	reciclables y otros

5.1.2 Sistema de Recolección y Transporte

a. Métodos de Recolección

Los métodos de recolección para los residuos descargados de manera separada incluyen los siguientes:

- **Recolección en vehículo normal**
- **Recolección en puntos**
- **Recolección en vehículos especiales**

En vista de la ventaja de utilizar el sistema de recolección actual (es decir, el mayor uso posible de los recursos actuales y ahorro en costos), la **recolección en vehículo normal** parece ser lo más recomendado para el método de recolección separada en el P/M. Por otra parte, respecto a la recolección separada en mercados, en la cual se concentran mayores generadores, se podría recomendar la **recolección en puntos**, si estos puntos pueden manejarse como parte de las instalaciones del mercado.

b. Sistema de Transporte

b.1 Estación de Transferencia

Las inspecciones visuales actuales de los residuos se llevan a cabo en las estaciones de transferencia, para poder determinar el destino óptimo de los residuos (P/S o sitios de disposición final) para los residuos respectivos que ingresan en estos lugares. Por lo tanto, aún en el caso de que se implante el sistema de recolección separada en el futuro, se presupone que el sistema actual de las estaciones de transferencia es capaz de afrontar el cambio.

b.2 Transporte

Es el transporte separado por medio del cual se acarrean los residuos: de la estación a la P/S, de la estación al sitio de disposición final y de la P/S al sitio de disposición final. Por lo tanto, se considera que el sistema actual podrá adaptarse al sistema de transporte futuro, en el cual los residuos mixtos y separados serán acarreados de manera independiente.

5.1.3 Sistema de Tratamiento Intermedio

Los objetivos que persigue el sistema de tratamiento intermedio son la reducción del volumen de residuos que van a ser dispuestos y el reciclaje de materiales. Existen tres plantas de selección en el DF, pero su tasa de recuperación de materiales no es suficientemente alta.

En el P/M se planea mejorar la eficiencia de estas P/S e instalar una nueva planta de compostaje. Esta última será alimentada con residuos orgánicos provenientes del subsistema y aumentará su capacidad a medida que avance el programa de separación en fuente.

En la segunda mitad de la Fase 3 del P/M(2005-2010), siempre y cuando se anticipe la escasez de espacio del sitio de disposición final, se examinará la posibilidad de introducir un incinerador.

5.1.4 Sistema de Disposición Final

El nivel del método de disposición final empleado actualmente por el GDF es alto, y algunas mejoras menores en el sistema de tratamiento de lixiviados serán suficientes para operar de manera técnicamente satisfactoria el sitio de disposición final de Bordo Poniente.

Aunque se utilice de manera muy eficiente el sitio de disposición final de Bordo Poniente, es un hecho que el GDF necesitará otro sitio nuevo para la disposición final aproximadamente en el año 2013, además de la Etapa V. Empero, bajo las condiciones actuales de uso de suelo del DF, la búsqueda de un nuevo terreno para el sitio de disposición final dentro del DF enfrentará serias dificultades.

Ya que se anticipa que la coordinación con los municipios fuera del DF para el establecimiento futuro de un relleno requerirá mucho tiempo para discutirlo antes de instrumentarlo, la coordinación entre el GDF y otras entidades para el relleno futuro (a utilizarse después del año 2013) debe iniciar cuando mucho alrededor del año 2007.

5.1.5 Bosquejo del Plan Maestro

El Cuadro 5-2 muestra el bosquejo del Plan Maestro.

Cuadro 5-2: Bosquejo del Plan Maestro

	Datos de 1997	Fase 1 (1999 - 2001)	Fase 2 (2002 - 2004)	Fase 3 (2005 - 2010)	
Población	8,610,000	8,654,000-8,747,000	8,796,000-8,896,000	8,946,000-9,206,000	
Cantidad de residuos generados (ton/año)					
Hogares	1,926,000	1,946,000-1,965,000	1,976,000-1,998,000	2,009,000-2,072,000	
Comercios	1,210,000	1,217,000-1,223,000	1,229,000-1,236,000	1,244,000-1,267,000	
Servicios	636,000	642,000-649,000	652,000-657,000	659,000-669,000	
Especiales	130,000	131,000-134,000	134,000-136,000	136,000-140,000	
Otros	267,000	268,000-270,000	271,000-275,000	276,000-282,000	
Total	4,169,000	4,204,000-4,241,000	4,262,000-4,302,000	4,324,000-4,430,000	
Descarga/Almacenamiento					
	Subsistema	-	Introducción de la separación en fuente	Introducción de la separación en fuente	Mantener la separación en fuente
	Delegación	Mixta	Mixta	Introducción de la separación en fuente	Introducción de la separación en fuente
Recolección					
Cantidad (ton/año)	Subsistema	-	853,000-858,000	861,000-867,000	870,000-884,000
	Delegación	4,169,000	3,293,000-3,325,000	3,342,000-3,376,000	3,395,000-3,485,000
Método	Subsistema	-	Introducción de la separación en fuente	Introducción de la separación en fuente	Mantener la recolección separada
	Delegación	Mixta	Mixta	Introducción de la recolección separada	Introducción de la recolección separada
Estación de Transferencia y de Transporte					
Estación de Transferencia y de Transporte		<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de básculas en cada estación. • Uso de un solo formato para la recopilación de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de transportes de monitores y sistemas de control (para 5 flujos²) basados en medidas de los pesos de entrada y salida. • Distribución eficiente del transporte por parte del sistema de monitoreo y control 		

² 5 flujos se refieren a los flujos actuales de residuos (de las estaciones de transferencia a las P/S, de las estaciones de transferencia a los sitios de disposición final y de las P/S a los sitios de disposición final) y los flujos adicionales de las estaciones de transferencia al NII y del NII al sitio de disposición final.

		Datos de 1997	Fase 1 (1999 - 2001)	Fase 2 (2002 - 2004)	Fase 3 (2005 - 2010)
Cantidad de Transferencia (ton/año)		3,123,000	3,725,000-3,757,000	3,776,000-3,812,000	3,830,000-3,922,000
Costo de O/M (U\$/año)		43,547,000	51,941,000 - 52,387,000	52,652,000 - 53,154,000	53,405,000-54,688,000
Tratamiento Intermedio					
Planta de Selección			<ul style="list-style-type: none"> Experimentación de la modificación de operaciones para incorporar un objetivo orientado a la cantidad recogida. Experimentación con "sistemas de almacenaje" para los materiales recuperados y hacer frente a los precios de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentación del control de las operaciones con 2 objetivos: <ul style="list-style-type: none"> - utilidades orientadas en lo recolectado; - recolección cuantitativa Establecimiento de un "sistema de almacenaje" para los materiales recuperados para ganar con las fluctuaciones de los precios de mercado, a partir de los resultados de los experimentos 	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentación del control de operación con el objetivo principal de una "orientación cuantitativa de recolección". Utilización del "sistema de almacenaje" óptimo para los materiales recuperados y afrontar las fluctuaciones de los precios del mercado.
Cantidad ingresada (ton/año)	Mixta	1,794,000	1,650,000-1,546,000	1,288,000- 725,000	567,000 - 0
	Reciclables	-	0 - 98,000	210,000-438,000	504,000-844,000
Cantidad de Reciclables (t/año)		182,000	166,000 - 224,000	277,000-380,000	409,000-591,000
Tasa de Recuperación (%)		10.0	10.0-13.6	18.5-32.7	38.2-70.0
Costo de O/M (1,000 US\$)		11,232	10,565 - 10,537	9,857 - 8,296	7,867 - 6,809
Planta de Compostaje		-	Diseño y construcción	Inicio de operaciones	Operación y mantenimiento
Cantidad ingresada (ton/año)		-	-	253,000 - 424,000	425,000 - 431,000
Cantidad de Producción de Composta (ton/año)		-	-	34,000 - 57,000	57,000 - 58,000
Inversión (U\$)		-	3,959,000	1,345,000	1,334,000
Costo de O/M (U\$/año)		-	0 - 33,000	1,185,000 - 1,343,000	1,343,000 - 1,343,000
Disposición Final					
Sitio de Disposición Final		BP "Etapa IV" Santa Catarina	Expansión vertical de BP "Etapa IV" Diseño y construcción de BP "Etapa V"	Operación de BP "Etapa V"	Operación de BP "Etapa IV" y "Etapa V"
Cantidad de Disposición (ton/año)	GDF	3,489,000	3,619,000-3,592,000	3,325,000-3,101,000	3,089,000-2,994,000
	Edo. De México	262,000	284,000	284,000	284,000
	Total	3,751,000	3,903,000-3,876,000	3,609,000-3,385,000	3,373,000-3,278,000
Inversión (U\$)		-	12,708,000	-	-
Costo de O/M (U\$/año)	Bordo Poniente	9,925,694	8,570,000 (2001)	9,400,000 (2003)	4,072,000 (2005)
	Santa Catarina	?	-	-	-
Otros					
Barrido de calles	Longitud (km/día)	1,273.4	1,285-1,296	1,303-1,316	1,323-1,357
	Costo de O/M (U\$/año)	3,293,000	3,323,000-3,352,000	3,369,000-3,403,000	3,421,000-3,509,000

Nota: USD 1 = 9.1 pesos.

5.2 Descripción del Plan Maestro

5.2.1 Proyección hasta el año 2010

a. Población

El Cuadro 5-3 presenta los datos de población y la predicción de 1997 al año 2010, que están aprobados de manera oficial por la DGSU.

Cuadro 5-3: Proyección para la Población

Delegación	Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alvaro Obregón		688,923	691,934	694,999	698,057	701,338	704,634	707,946	711,273	714,616	717,975	721,349	724,739	728,145	731,600
Azcapotzalco		439,188	440,286	441,387	442,490	443,729	444,971	446,217	447,466	448,719	449,975	451,235	452,498	453,765	455,100
Benito Juárez		376,576	377,517	378,461	379,407	380,469	381,534	382,602	383,673	384,747	385,824	386,904	387,987	389,073	390,200
Coyoacán		703,086	706,250	709,428	712,620	716,753	720,910	725,091	729,297	733,527	737,781	742,060	746,364	750,693	755,100
Cuajimalpa		147,340	149,874	152,432	155,074	157,788	160,549	163,359	166,218	169,127	172,087	175,099	178,163	181,281	184,500
Cuauhtémoc		538,315	539,930	541,550	543,175	544,967	546,765	548,569	550,379	552,195	554,017	555,845	557,679	559,519	561,400
Gustavo A. Madero		1,214,625	1,215,840	1,217,056	1,218,273	1,219,857	1,221,443	1,223,031	1,224,621	1,226,213	1,227,807	1,229,403	1,231,001	1,232,601	1,234,300
Iztacalco		414,048	414,172	414,296	414,420	416,119	417,825	419,538	421,258	422,985	424,719	426,460	428,208	429,964	431,800
Iztapalapa		1,717,259	1,726,360	1,735,510	1,744,708	1,756,572	1,768,517	1,780,543	1,792,651	1,804,841	1,817,114	1,829,470	1,841,910	1,854,435	1,867,100
M. Contreras		221,463	224,298	227,169	230,077	231,480	232,892	234,313	235,742	237,180	238,627	240,083	241,548	243,021	244,600
Miguel Hidalgo		367,495	368,597	369,703	370,812	372,036	373,264	374,496	375,732	376,972	378,216	379,464	380,716	381,972	383,300
Milpa Alta		75,866	76,921	77,990	79,074	80,205	81,352	82,515	83,695	84,892	86,106	87,337	88,586	89,853	91,200
Hábuac		264,349	268,050	271,803	275,608	280,321	285,114	289,989	294,948	299,992	305,122	310,340	315,647	321,045	326,600
Ilalpam		600,703	606,590	612,535	618,538	624,785	631,095	637,469	643,907	650,410	656,979	663,614	670,317	677,087	684,000
V. Carranza		471,241	472,466	473,694	474,926	476,303	477,681	479,069	480,458	481,851	483,248	484,649	486,054	487,464	488,900
Xochimilco		326,658	331,231	335,868	340,570	343,942	347,347	350,786	354,259	357,766	361,308	364,885	368,497	372,145	375,900
Total DF		8,567,135	8,610,336	8,653,901	8,697,829	8,746,661	8,795,896	8,845,533	8,895,577	8,946,031	8,996,905	9,048,197	9,099,914	9,152,063	9,205,600

b. Cantidad Generada y Composición de los Residuos

b.1 Cantidad Generada de Residuos

b.1.1 Proporción de Generación de Residuos

En este P/M se utiliza para la proporción de generación futura de residuos la que existe actualmente.

La proporción de generación de cada fuente investigada por la DGSU se muestra en el Cuadro 5-4.

Cuadro 5-4: Proporción de Generación de Residuos

Tipos de Fuente Generadoras	Sub - clasificación	Generación Unitaria de Residuos Sólidos
Domiciliarios	- Unifamiliar, Plurifamiliar	0.616 kg/Habitante/Día
Comercial	Establecimientos Comerciales	
	- Tiendas de Autoservicio	637.000 kg./Establecimiento/Día
	- Tiendas Departamentales	368.000 kg./Establecimiento/Día
	- Locales Comerciales	6.650 kg./Local/Día
	Mercados	
	- Carnes	4.430 kg./Local/Día
	- Frutas y Legumbres	7.920 kg./Local/Día
	- Abarrotes	1.025 kg./Local/Día
	- Preparación de Alimentos	14.960 kg./Local/Día
	- Varios	0.803 kg./Local/Día
	- Mercado Sobre Ruedas-Tianguis	575.800 kg./Tianguis/Día

Tipos de Fuente Generadoras	Sub - clasificación	Generación Unitaria de Residuos Sólidos
Servicios	- Restaurantes y Bares	25.442 kg./Establecimiento/Día
	Centros de Espectáculos y Recreación	
	- Centros de Espectáculos	1.230 kg./Empleado/Día
	- Instalaciones Deportivas	2.620 kg./Empleado/Día
	- Centros Culturales	0.330 kg./Empleado/Día
	Servicios Públicos	
	- Oficinas de Servicios	3.460 kg./Establecimiento/Día
	- Servicios de Reparación y Mantenimiento	1.940 kg./Establecimiento/Día
	- Estaciones de Gasolina	53.120 kg./Establecimiento/Día
	Hoteles	
	- 5 Estrellas	1,016.900 kg./Establecimiento/Día
	- 4 Estrellas	218.500 kg./Establecimiento/Día
	- 3 Estrellas	16.810 kg./Establecimiento/Día
	Centros Educativos	
	- Preescolar	0.040 kg./Alumno/Día
	- Primaria	0.055 kg./Alumno/Día
- Capacitación Para el Trabajo	0.060 kg./Alumno/Día	
- Secundaria	0.065 kg./Alumno/Día	
- Técnico	0.060 kg./Alumno/Día	
- Bachillerato	0.060 kg./Alumno/Día	
- Superior	0.070 kg./Alumno/Día	
Oficinas Publicas	0.413 kg./Empleado/Día	
Especiales	Unidades Médicas	
	- 1er. Nivel	1.279 kg./Consultorio/Día
	- 2o. Nivel	4.730 kg./Cama/Día
	- 3er. Nivel	5.390 kg./Cama/Día
	Laboratorios	6.340 kg./Laboratorio/Día
	Veterinarias	1.700 kg./Empleado/Día
	Terminales Terrestres	2,103.000 kg./Central/Día
	Aeropuerto	28,887.000 kg./Aeropuerto/Día
Otros	Vialidades	125.530 kg./km./Día
	Centros de Readaptación Social	0.540 kg./Interno/Día
	Areas Verdes	0.00993 kg./m ² /Día
	Objetos Voluminosos	28.850 kg./Ton-Residuos Sólidos/Día
	Materiales de Construcción y Reparaciones Menores	20.850 kg./Ton-Residuos Sólidos/Día

b.1.2 Cantidad de Generación de Residuos

La cantidad futura de residuos se obtiene multiplicando la proporción de generación de residuos del Cuadro 5-4 por factores tales como la población, los empleados y el número de tiendas. Se estima que los factores tales como los empleados y el número de tiendas aumentan de manera proporcional con la tasa de crecimiento de la población. Sin embargo, para las instalaciones públicas a gran escala tales como los aeropuertos y las terminales de autobuses, se estima que el factor (la cantidad futura) va a ser el mismo de la actualidad.

Por otro lado, se calcula que la cantidad futura de residuos traídos de los 10 municipios del Estado de México va a ser la misma que la de la actualidad (es decir, 284,000 ton/año) con base en la estimación de la DGSU.

Cuadro 5-5: Pronóstico de la Cantidad Generada de Residuos en el DF

(unidad: tonelada)

Año	Total	Hogares	Comercios	Mercados	Restaurantes & Bares	Centros Deportivos y de entretenimiento	Servicios Públicos	Hotels	Oficinas Públicas	Centros Educativos	Hospitales	Laboratorios	Veterinarios	Terminal de Autobuses	Aeropuerto	Barrido de calles	Centros de Readaptación Social	Áreas Verdes	Residuos voluminosos	Cascos
1999	4,204,000	1,916,000	630,000	587,000	273,000	26,000	63,000	19,000	201,000	57,000	54,000	1,000	0	6,000	11,000	56,000	3,000	77,000	111,000	83,000
2000	4,222,000	1,953,000	632,000	588,000	275,000	26,000	63,000	19,000	206,000	58,000	55,000	1,000	0	6,000	11,000	56,000	3,000	77,000	112,000	83,000
2001	4,241,000	1,965,000	633,000	590,000	276,000	26,000	63,000	19,000	207,000	58,000	55,000	1,000	0	6,000	11,000	58,000	3,000	77,000	112,000	81,000
2002	4,262,000	1,976,000	638,000	591,000	276,000	26,000	63,000	19,000	210,000	58,000	55,000	1,000	0	6,000	11,000	58,000	3,000	78,000	112,000	81,000
2003	4,283,000	1,989,000	642,000	592,000	278,000	26,000	63,000	19,000	210,000	58,000	56,000	1,000	0	6,000	11,000	58,000	3,000	78,000	112,000	81,000
2004	4,302,000	1,998,000	643,000	593,000	280,000	26,000	63,000	19,000	210,000	59,000	56,000	1,000	0	6,000	11,000	59,000	3,000	79,000	115,000	81,000
2005	4,324,000	2,009,000	650,000	594,000	281,000	26,000	63,000	19,000	211,000	59,000	56,000	1,000	0	6,000	11,000	59,000	3,000	79,000	115,000	82,000
2006	4,344,000	2,021,000	652,000	595,000	282,000	26,000	63,000	19,000	211,000	60,000	57,000	1,000	0	6,000	11,000	60,000	3,000	79,000	115,000	82,000
2007	4,365,000	2,033,000	656,000	597,000	283,000	26,000	63,000	19,000	212,000	60,000	57,000	1,000	0	6,000	11,000	61,000	3,000	80,000	115,000	82,000
2008	4,386,000	2,046,000	658,000	597,000	285,000	26,000	65,000	19,000	212,000	60,000	57,000	1,000	0	6,000	11,000	62,000	3,000	81,000	115,000	82,000
2009	4,408,000	2,060,000	661,000	600,000	285,000	26,000	65,000	19,000	212,000	60,000	57,000	1,000	0	6,000	11,000	62,000	3,000	81,000	116,000	83,000
2010	4,430,000	2,072,000	667,000	600,000	286,000	26,000	65,000	19,000	212,000	61,000	57,000	1,000	0	6,000	11,000	62,000	3,000	81,000	117,000	84,000

b.2 Composición de los Residuos

En este P/M la composición futura de los residuos es la misma que la actual.

Cuadro 5-6: Composición de los Residuos

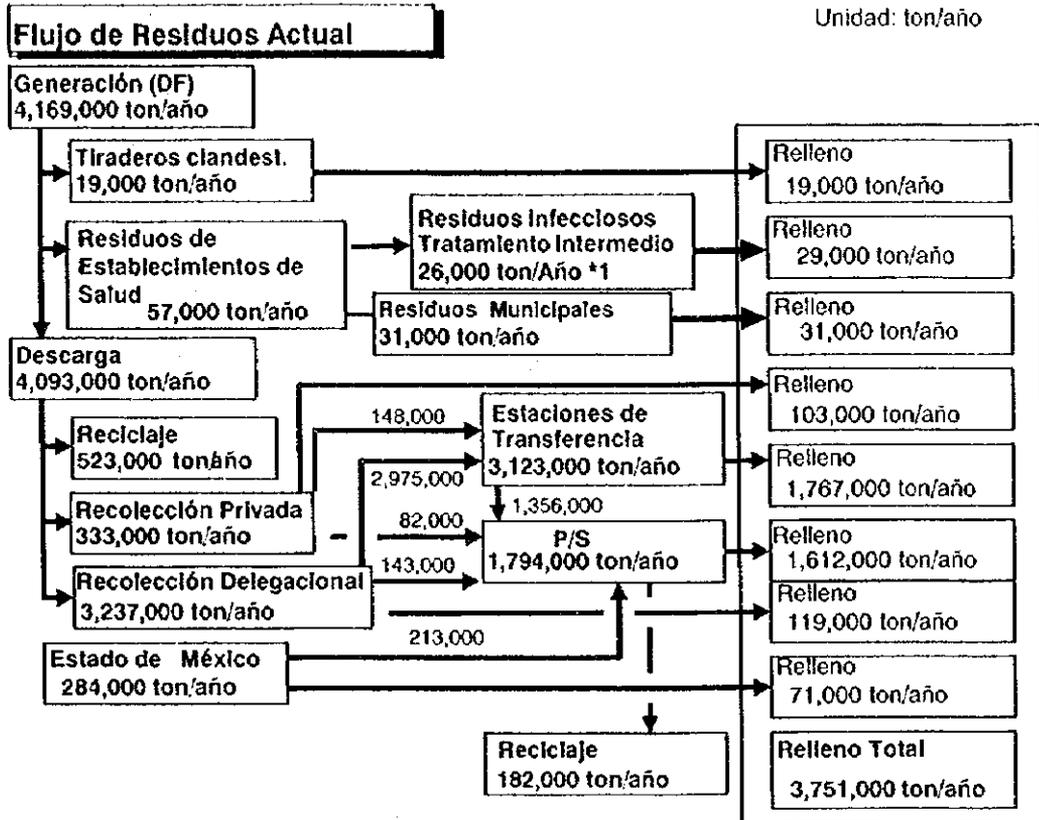
unidad: %

Composición	Doméstico		Comercial		Servicios						Especial				Otros			Total					
	Hogares	Comercios	Comercios	Mercadillos	Restaurantes	Centros deportivos y recreativos	Servicios Públicos	Hoteles	Oficinas de Servicio Público	Centros Educativos	Hospitales	Laboratorios	Veterinarios	Terminales de Autobuses	Aeropuerto	Camiónes	Centros de Reciclaje y Social		Áreas verdes	Residuos voluminosos	Material de construcción		
Albatruces																						0.036	
Algodón	2.150	0.070	0.830				0.380	0.030	2.990	0.170	1.970	10.380	5.570									2.300	
Cartón	5.360	11.510	5.290		5.970	11.040	23.180	3.770	11.200	8.980	8.300	8.010	2.560	4.340	5.310	3.660	5.060	4.000				6.680	
Cuero	0.110				0.020		3.690																0.110
Caja de cartón	1.960	1.970	2.220		1.430	5.180	1.980	0.760	0.650	0.650	1.070		0.690	0.550		6.530	0.520	3.120				1.910	
Fibra vegetal	0.660	1.790	2.630				1.130	0.080	0.010	0.780	0.200					0.100						0.660	
Fibra sintética	1.430	0.280	0.890		0.040			0.010	0.240		0.270	3.100										0.850	
Gasa											3.770	5.940										0.080	
Hueso	0.080	0.440	1.110				0.210			0.670	0.070		0.380									0.270	
Vinilo	0.200	1.070	0.160				0.360	0.180	0.830	1.330	2.070											0.370	
Jeringa desechable	1.580	0.310	1.470		0.250	1.230	3.100	0.520	0.280	4.890	1.730	1.310	1.380	4.530	3.170	4.770						0.040	
Joya y Cerámica	0.370	0.120	0.090		0.450	0.280		0.180	0.080	2.010												0.360	
Madera	0.100	1.200	1.170		0.670		6.720		0.010	3.920	0.430		4.920	0.290			5.120	20.000				1.240	
Muebles de suntuosidad	0.630				0.520	0.090		2.890														0.630	
Metal	1.390	2.590	0.070		0.920	5.650	0.710	1.790	0.150	0.400	1.900		0.690			0.410		2.860	50.000			2.560	
Metal no ferroso	0.060	0.510					1.300		6.540		0.070	1.180						2.290				0.490	
Papel	1.190	5.310	1.870		1.540	3.570	18.750	9.210	37.610	14.330	6.570	17.230	9.880	9.100	6.410	5.410	3.110	6.820				4.410	
Perforado	4.610	5.930	4.540		0.950	3.170	15.500	5.240	11.910	6.990	4.370	11.970	20.640	6.070	15.340	9.710	7.730	2.220				4.900	
Papel sanitario	8.780	1.940	4.270		3.440	9.590	4.200	8.160	1.990	10.720	11.000	9.620	7.380	15.200	8.920	9.520	4.650					5.890	
Plata desechable	3.370	0.140			0.080	0.090		0.890		0.300	1.430			1.940								1.620	
Placas radiológicas											0.300											0.000	
Plástico de película	6.240	5.380	1.500		3.080	7.130	2.140	3.580	0.160	1.950	3.270		0.440	5.340	3.910	5.380	2.000	9.290				4.530	
Plástico rígido	4.350	3.940	2.940		1.260	15.340	1.390	1.690	0.880	2.690	0.970	8.640	1.630	3.080	5.460	6.620	1.260	4.000				3.490	
Poliéster	0.160	0.110	0.080		0.030		2.700				0.670	2.170	2.540									0.160	
Poliuretano espumado	0.780	0.120	0.440		0.350	0.720	1.850	0.160	0.110	0.460	1.700		1.060	1.100	1.180	1.220		1.230				0.590	
Residuos alimenticios	34.660	38.730	63.080		74.430	16.170	5.710	43.230	21.220	16.020	26.940	1.740	3.310	30.440	16.520	7.670	42.490					57.700	
Residuos de sanatoria	5.120	0.150	0.050		0.080	0.420	0.590	3.660	0.300	6.320	1.300	1.890	0.860		1.530	11.460	7.460	25.360				3.180	
Troca sanitaria									0.040	0.630		1.610					2.000					0.040	
Tropos	0.640	0.200	0.300		0.120	1.140		1.720	0.310	1.020	0.500	1.840			4.880		3.000					3.220	
Vendas											0.360					0.020						0.010	
Vidrio de color	4.080	1.770	0.300		1.530	4.670	2.810	3.090	0.260	2.440	4.860		2.000	3.450	8.070	8.640	0.420					2.620	
Vidrio transparente	6.770	5.180	0.440		2.820	11.760	1.280	8.520	0.760	4.640	5.630	3.050	0.940	7.790	7.140	8.370	0.950	0.850				4.610	
Residuo fino	1.210	0.070	3.970		0.030	2.750		0.260	0.010	0.730	0.430				3.610	4.020		26.300				1.710	
Otros	2.660	8.940	0.250					0.380	2.110	0.830	1.130	3.350	23.950	5.520	8.250	6.500	19.380	6.540				3.040	
Total	100.000	99.990	100.000		100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	99.990	100.000	99.990	100.000	100.010	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	

5.2.2 Flujo de Residuos

a. Flujo Óptimo de Residuos

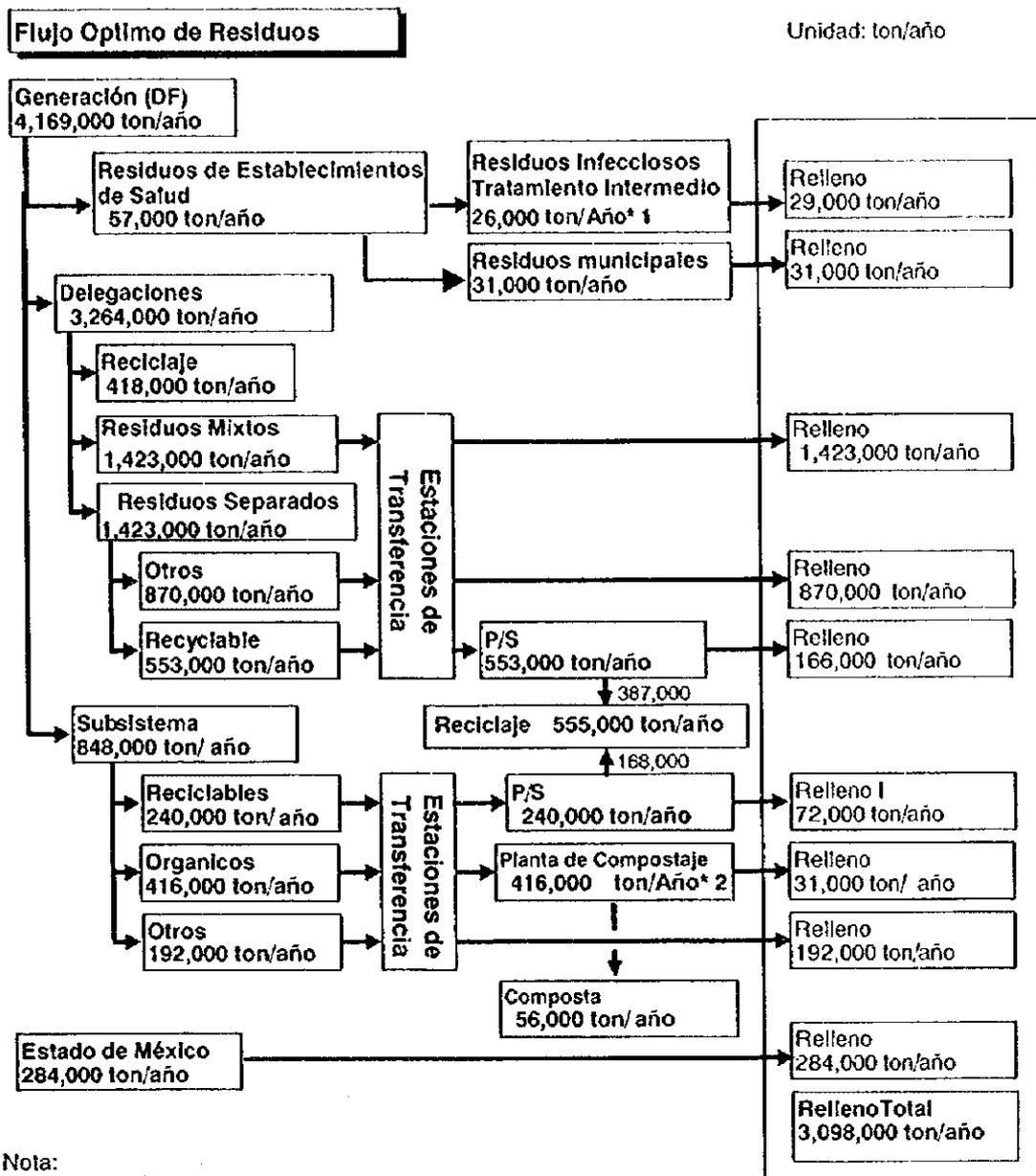
La Figura 5-2 ilustra el flujo actual de residuos y la Figura 5-3 el flujo óptimo de residuos estimado para el DF, con base en la cantidad de residuos de 1997.



Nota: *1: Aumenta 3,000 ton/año por el sistema de tratamiento utilizado

Figura 5-2: Flujo Actual de Residuos

Al convertir el flujo actual de residuos a este flujo óptimo, la proporción de recuperación de residuos en las P/S mejorará de 10% (actual) a 70% (flujo óptimo), y habrá una reducción de aproximadamente 653,000 ton al año de la cantidad de disposición final.



Nota:

*1: Aumentar 3,000 ton/año por el sistema de tratamiento utilizado

*2: Reducir 329,000 ton/año de evaporación del contenido de agua y generación de gas mediante la descomposición.

Figura 5-3: Flujo Óptimo de Residuos

b. Flujo Futuro de Residuos

Los flujos de residuos en el año meta del E/F (2004) y en el año meta del P/M (2010) se ilustran a continuación.

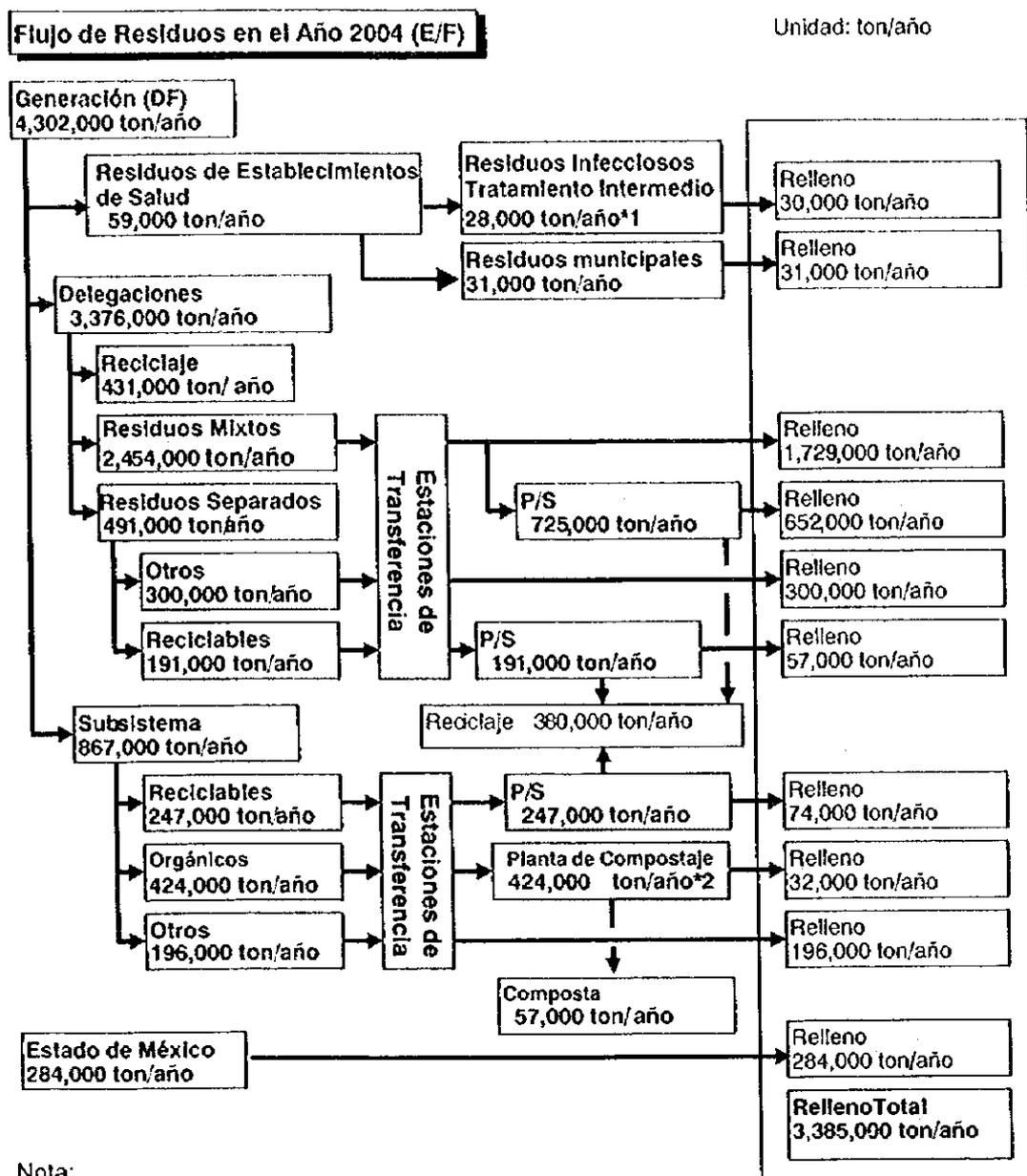


Figura 5-4: Flujo de Residuos en el Año 2004 (E/F)

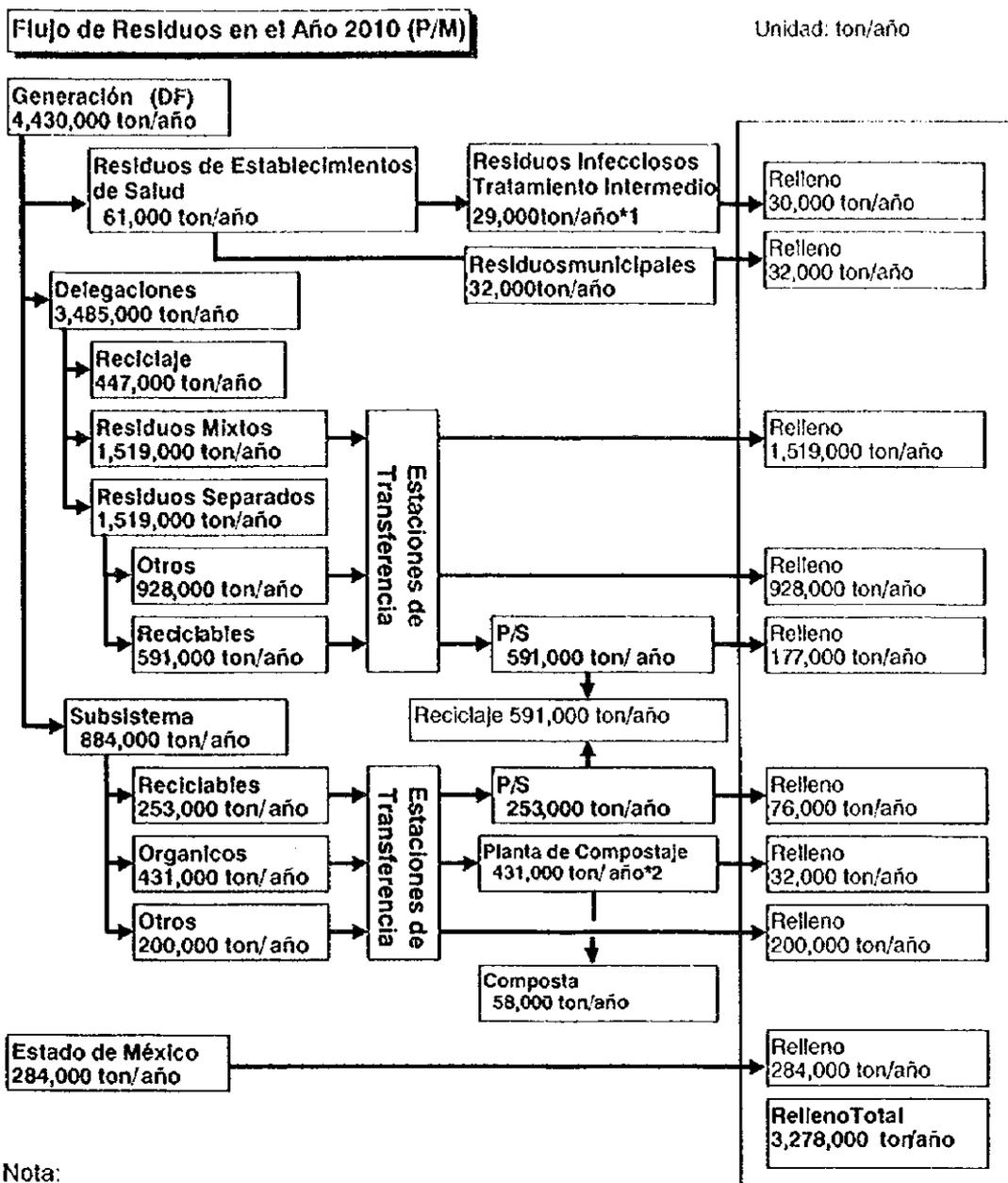


Figura 5-5: Flujo de Residuos en el Año 2010 (P/M)

5.2.3 Sistema Institucional del P/M

La institucionalización de los componentes de MRS debe darse de manera gradual dentro del marco del P/M. Se recomienda que el procedimiento para la misma se dé a partir de los componentes “descendentes” (en el flujo de residuos)” en sentido hacia los componentes “ascendentes”, como lo muestra el Cuadro 5-7.

Cuadro 5-7: Institucionalización del P/M

	Flujo de Residuos	Flujo de Institucionalización	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
			1999 - 2001	2002 - 2004	2005 - 2010	2011 -
Sub-sistema	↓	↓	Contratación de Entidades Privadas	(Preparar la Concesión) Contratación de Entidades Privadas	Concesión a Entidades Privadas	Concesión a Entidades Privadas
Recolección			Análisis la Concesión (Verificar las condiciones para institucionalizar la Sección 1 en entidades privadas)	Preparar la Concesión/ Permiso (Formalizar la Sección 1 como entidades privadas y con los fondos necesarios) 2a. Prioridad de Financiamiento	Iniciar la Concesión y Permiso a Entidades Privadas	Concesión y Permiso
P/S			Análisis la Concesión (Verificar las condiciones para institucionalizar a los grupos de Ex-pepenadores en Cooperativas)	Preparar la Concesión (Formalizar a los grupos de Ex-pepenadores como Cooperativas y con los fondos necesarios) 2a. Prioridad de Financiamiento	Concesión	Concesión
E/T y de Transporte			Contratación	Contratación	Contratación	Contratación
NTI			Inversión por parte de DGSU 1a. Prioridad de Financiamiento	A1. Operación directa por DGSU, o A2. Operación contratada por DGSU. Análisis de cuatro opciones: A. Estado actual (DGSU), ya sea A1. o A2., B. Paraestatal y C. Concesión y preparación de B o C si se elige esta opción.	A1, A2, B o C.	A1, A2, B o C.
Disposición Final			Inversión por parte de DGSU 1a. Prioridad de Financiamiento	A1. Operación directa por DGSU, o A2. Operación contratada por DGSU. Análisis de tres opciones: Estado actual (DGSU), ya sea A1. o A2. Y B. Paraestatal y preparación de B si se elige esta opción.	A1, A2 o B.	A1, A2 o B.
Nota:			Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.			

5.2.4 Enfoque Social hacia el P/M

El Cuadro 5-8 muestra la proposición de criterios y estrategias aplicables en los diferentes componentes del plan maestro para solucionar, minimizar o mitigar los puntos críticos sociales.

Cuadro 5-8: Estrategias para Solucionar Aspectos Críticos Sociales

Componentes	Objetivos	Criterios y estrategias para abatir, minimizar o mitigar los aspectos críticos sociales
1. Manejo en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo higiénico de los residuos en el hogar • Reducción, Reuso y Reciclaje de los residuos • Separación en la fuente • Concientización de la población como generadores de residuos • Minimización de embalajes y envases por la industria 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Programa de educación comunitaria ◆ Programa demostrativo en actual ejecución ◆ Alentar la educación ambiental en las escuelas primarias
2. Recolección	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporación al sistema formal de trabajadores informales • Recolección separada • Mantener cultura de pago • Atención a los sectores periféricos y de difícil acceso • Salud ocupacional y seguridad contra accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Educación (Concientización de la industria) ◆ Aprobación y aplicación de Normas Regulatorias ◆ Concertación y Promoción del trabajador ◆ Regularización de las actividades informales ◆ Reconocimiento de las características locales ◆ Reconocimiento de las características locales ◆ Educación ambiental comunitaria y escolar ◆ Promoción del empleo ◆ Concertación ◆ Concertación (formalización del sistema actual)
3. Plantas de selección de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Concluir con el cierre sanitario del relleno de Sta. Catarina • Reducir los costos que ocasiona el GDF • Mayor eficiencia en la selección 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Participación y sustentabilidad comunitarias ◆ Supervisión y control ◆ Capacitación ◆ Supervisión y control ◆ Concertación ◆ Concertación ◆ Educación y Concertación
4. E/T, Transporte y Disposición Final	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de contratos con empresas 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Supervisión y control

5.3 Estimación del Costo de Proyectos

Esta sección calcula los costos de los proyectos que se requieren en el Plan Maestro, y son los siguientes:

- 1) Expansión vertical del relleno existente (Etapa IV)
- 2) Desarrollo de un nuevo relleno (Etapa V)
- 3) Planta de composta
- 4) Costo de O&M de las Estaciones de Transferencia y Transporte
- 5) Costo de O&M de la Planta de Selección.

a. Relleno y Planta de Compostaje

Cuadro 5-9: Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento

Unidad: 1,000 USD

Concepto		Año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
BP Etapa IV	D.B		33												33
	D,D&S/V			298											298
	Con			7,902											7,902
	OP				4,109	536	446	536	3,828	3,909	446	536	3,718	3,563	21,627
	Total BP IV		33	8,200	4,109	536	446	536	3,828	3,909	446	536	3,718	3,563	29,860
BP Etapa V	D.B		41												41
	D,D&S/V			204	162										366
	Con				4,068										4,068
	OP				231	9,194	8,954	8,825	244	301	5,658	3,822	244	301	37,774
	Total BP V		41	204	4,461	9,194	8,954	8,825	244	301	5,658	3,822	244	301	42,249
Total de relleno			74	8,404	8,570	9,730	9,400	9,361	4,072	4,210	6,104	4,358	3,962	3,864	72,109
Planta de compostaje	D.B		50												50
	P,P		10	10											20
	D,D&S/V			164	99	33	33				13	2			344
	Con				2,376	551	551								3,478
	Equipo				1,250	177						1,142	177		2,746
	OP				33	1,185	1,343	1,343	1,343	1,343	1,343	1,343	1,343	1,343	11,962
	Total		60	174	3,758	1,946	1,927	1,343	1,343	1,343	1,343	1,356	2,487	1,520	1,343
Total de relleno y compostaje			134	8,578	12,328	11,676	11,327	10,704	5,415	5,553	7,460	6,845	5,482	5,207	90,709

Notas: D.B: diseño básico, D,D & S/V: diseño detallado y supervisión, Con: construcción, OP: operación, P,P: proyecto piloto

b. Costo de Operación y Mantenimiento de la Estación de Transferencia y Transporte

Se estimaron los costos de O&M para las estaciones de transferencia y transporte hasta el año 2010, con base en los costos unitarios presentes y el cálculo de la cantidad transferida en los años correspondientes (ver Cuadro 5-10).

Cuadro 5-10: Costos de O & M de la Estación de Transferencia y Transporte

Año	Cantidad de transferencia (ton/año)	Costo de O&M (pesos)	Costo de O&M (US\$)
1997	3,123,000	396,276,313	43,547,000
1999	3,725,000	472,665,250	51,941,000
2000	3,740,000	474,568,600	52,150,000
2001	3,757,000	476,725,730	52,387,000
2002	3,776,000	479,136,640	52,652,000
2003	3,795,000	481,547,550	52,917,000
2004	3,812,000	483,704,680	53,154,000
2005	3,830,000	485,988,700	53,405,000
2006	3,848,000	488,272,720	53,656,000
2007	3,866,000	490,556,740	53,907,000
2008	3,884,000	492,840,760	54,158,000
2009	3,903,000	495,251,670	54,423,000
2010	3,922,000	497,662,580	54,688,000

c. Costo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Selección

Se calcularon los costos de O&M para las plantas de selección hasta el año 2010 con base en estos costos unitarios, además de la cantidad de residuos a ingresar en los años correspondientes en el Cuadro 5-11.

Cuadro 5-11: Costo de Operación y Mantenimiento de las Plantas de Selección

Año	Cantidad que ingresa (ton/año)	Costo de operación y mantenimiento (peso/año)					Total	Total (US\$/año)
		Control técnico	Operación de maquinaria y equipo	Limpieza	Control de fauna nociva	Transporte de personas		
1997	1,793,245	19,274,456	56,754,875	4,320,348	15,676,443	6,181,090	102,207,212	11,232,000
1999	1,650,000	17,738,000	52,223,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	96,141,000	10,565,000
2000	1,647,000	17,705,000	52,128,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	96,013,000	10,551,000
2001	1,644,000	17,673,000	52,033,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	95,886,000	10,537,000
2002	1,498,000	16,104,000	47,412,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	89,696,000	9,857,000
2003	1,367,000	14,695,000	43,266,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	84,141,000	9,246,000
2004	1,163,000	12,502,000	36,809,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	75,491,000	8,296,000
2005	1,071,000	11,513,000	33,897,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	71,590,000	7,867,000
2006	993,000	10,675,000	31,428,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	68,283,000	7,504,000
2007	932,000	10,019,000	29,498,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	65,697,000	7,219,000
2008	887,000	9,535,000	28,074,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	63,789,000	7,010,000
2009	857,000	9,213,000	27,124,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	62,517,000	6,870,000
2010	844,000	9,073,000	26,713,000	4,320,000	15,680,000	6,180,000	61,966,000	6,809,000

5.4 Evaluación del Plan Maestro

5.4.1 Evaluación Técnica

Se ha analizado si los sistemas técnicos propuestos en el P/M son compatibles y aplicables en comparación con las técnicas utilizadas por el GDF.

Los sistemas técnicos propuestos en el P/M son principalmente los siguientes:

- introducción gradual de la descarga y recolección separada;
- establecimiento de un sistema de monitoreo y control para la transferencia y el transporte;
- mejoramiento de la proporción de recuperación de materiales en las P/S;
- compostaje de los residuos orgánicos;
- expansión vertical del sitio de disposición final de Bordo Poniente Etapa IV y
- construcción del nuevo sitio de disposición final Bordo Poniente Etapa V.

a. Descarga y Recolección Separada

Se instrumentaron proyectos piloto de descarga y recolección separada en tres categorías desde 1996. El proyecto piloto en 1998 alcanzó una proporción de separación de 92%. Esto indica que la DGSU ha acumulado experiencia técnica y conocimiento en la descarga y recolección separada. Por lo tanto, se puede juzgar que la introducción gradual de la descarga y recolección separada es técnicamente viable.

b. Sistema de Monitoreo y Control del Transporte

El P/M propone que se introduzca un formato único para la compilación de datos y el monitoreo completo de la cantidad de transferencia, junto con control para la asignación de vehículos, el cual ya estableció un sistema central de monitoreo y control.

La DGSU ya cuenta con la capacidad técnica para el monitoreo y control central de la asignación de vehículos para transporte de RS. Al desarrollar el sistema de control existente (para la asignación de vehículos), se podrá contar con otro control (para la cantidad transferida). Esta propuesta dentro del P/M seguramente funcionará de manera correcta.

c. Incremento en la Recuperación de las Plantas de Selección

La propuesta para mejorar la recuperación de las P/S recomienda como aspectos técnicos que se reduzca la cantidad introducida y se disminuya la velocidad de la banda de selección. No se necesita una renovación tecnológica ni introducir tecnología; Únicamente se necesitan cambios en la operación de la planta. Por lo tanto, esta propuesta en el P/M también funciona para los aspectos técnicos.

d. Compostaje

Actualmente la DGSU opera una pequeña planta de composta en pilas para el procesamiento de los residuos de jardinería (como las ramas podadas de árboles y el pasto), y la composta resultante tiene una calidad satisfactoria. Esto comprueba que la DGSU cuenta con la capacidad técnica para operar una planta de compostaje en pilas. Por lo tanto, si se utilizan y desarrollan las capacidades técnicas de la DGSU para el compostaje, la propuesta del P/M - el compostaje de los residuos orgánicos separados - se vuelve viable.

e. Expansión Vertical de Bordo Poniente Etapa IV

Esta propuesta del P/M va de acuerdo con las prácticas actuales para la operación de relleno por parte de la DGSU. Se considera que la DGSU puede cumplir con los requerimientos técnicos de esta propuesta.

f. Construcción del Nuevo Sitio de Disposición Final (Bordo Poniente Etapa V)

Se propone que la Etapa V se construya con los mismos componentes técnicos que se han utilizado en el relleno actual (Etapa IV). Por lo tanto, se prevé que no habrá algún problema técnico.

5.4.2 Evaluación Financiera

El plan de inversión del sector propuesto que cubre una gama amplia de actividades relacionada con el embellecimiento del medio ambiente y prevención de daños a la salud, tiene la finalidad de mejorar en forma eficiente y eficazmente el servicio del manejo de residuos sólidos cuya necesidad es urgentemente requerida en la región. Se juzga que la DGSU puede sobrellevar el gasto requerido para el plan por las siguientes razones:

- El ingreso anual de la DGSU en 1997 fue de 742.1 millones de pesos (US\$ 81.5 millones)
- El gasto empleado para la O&M del presente relleno (Etapa IV) en 1997 fue aproximadamente de 105.7 millones de pesos (US\$ 11.6 millones) siendo aproximadamente el 14.2% del gasto total de la DGSU
- El ingreso anual de la DGSU en 1999 fue estimado en aproximadamente 992.1 millones de pesos (US\$ 109.0 millones)
- Asumiendo que pueden usarse el 14% del ingreso para los proyectos prioritarios, se considera que estarán disponibles aproximadamente US\$ 15 millones.
- Con US\$ 15 millones pueden cubrir el gasto anual estimado de US\$ 12.3 millones para los proyectos de prioridad en el 2001.

Por consiguiente, se considera que el plan de la inversión es financieramente apropiado y contribuye al aumento de los beneficios y bienestar de las personas.

5.4.3 Evaluación Económica

Con el incremento de servicios efectivos y eficientes para el manejo de residuos sólidos en la región, el plan de inversión propuesto es la solución menos costosa y ambientalmente firme para mitigar la degradación sanitaria y ambiental, además de reforzar el hábitat y las bases financieras que llevan al mejoramiento del bienestar de la gente y embellecimiento urbano. Además, el proyecto ayudará a incrementar la disponibilidad y confianza en la prestación de los servicios de manejo de residuos sólidos en el DF, además de proporcionar los prerrequisitos básicos para posibles programas de inversión, a partir de fuentes internas y externas, y el consiguiente bienestar.

5.4.4 Evaluación Institucional

Se requiere forzosamente la institucionalización de los componentes (ya sean privados, paraestatales u otros) para alcanzar una MRS de costo efectivo, aunque hay variaciones en los tiempos de transformación por componente.

Respecto al MRS de costo efectivo, se recomienda el proceso de institucionalización (a partir del flujo ascendente) propuesto en el P/M.

Por otro lado, uno de los objetivos del P/M es el siguiente:

- “promover el bienestar de aquellas personas que trabajan en el MRS”.

En este sentido, el P/M sugiere que se debiera utilizar más tiempo en la institucionalización de los componentes descendentes del flujo en los cuales trabaja más gente en el MRS.

Por lo tanto, la transición institucional que se muestra en el P/M es recomendable y pertinente para el GDF.

Para lograr el éxito en la institucionalización del MRS a largo plazo, también será necesario que la DGSU cambie gradualmente su actividad de ejecución a supervisión. Los requisitos esenciales para la DGSU para desempeñarse como supervisor incluyen los siguientes.

- Alentar la competencia.
- Monitorear las actividades de los prestadores de servicios.
- Regular la calidad del servicio.

Como resultado, se asegurará un sistema completo para el MRS justo, sostenible y satisfactorio para los beneficiarios.

5.4.5 Evaluación Social

En el Cuadro 5-12 se muestran los beneficios sociales posibles que se obtendrán en los diferentes componentes del MRS con la aplicación de las proposiciones del Plan Maestro.

Cuadro 5-12: Evaluación Social del P/M Propuesto

Componentes	Salud Pública	Bienestar de la Población	Empleo y condiciones de Trabajo	Participación Ciudadana y Sustentabilidad
Almacenaje & Entrega a la Recolección	<ul style="list-style-type: none"> Manejo sanitario intradomiciliario Evita la proliferación fauna nociva en el origen 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora el ordenamiento y estética en la entrega Evita malos olores Reduce molestias a peatones y al tráfico 	<ul style="list-style-type: none"> No afecta al empleo por ser actividad intradomiciliaria de la comunidad 	<ul style="list-style-type: none"> Participación directa de la comunidad Sustentable por estar basada en educación pública
Separación en la Fuente	<ul style="list-style-type: none"> Manejo sanitario de 2 ó 3 componentes de la basura 	<ul style="list-style-type: none"> Eleva la educación ambiental de la población Reducción, reuso y reciclaje de los residuos sólidos 	<ul style="list-style-type: none"> No afecta al empleo por ser actividad intradomiciliaria Con mayor recuperación hay mayor posibilidad de empleo en la industria recicladora (*) 	<ul style="list-style-type: none"> Participación directa de la comunidad Actividad sustentable Beneficio para el medio ambiente y los recursos naturales
Recolección	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de riesgo de accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> Proceso mas ordenado, limpio y estético Recolección más eficiente 	<ul style="list-style-type: none"> Formalización progresiva del personal informal Incremento de empleo por recolección separada del subsistema 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la relación de la ciudadanía con el GDF
ET & T	<ul style="list-style-type: none"> Mejora en la salud ocupacional 	<ul style="list-style-type: none"> Proceso mas ordenado, limpio y estético 	<ul style="list-style-type: none"> Posible incremento del empleo Mejora en las condiciones laborales 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor participación del sector privado
P/S	<ul style="list-style-type: none"> Manejo de los residuos con reducción de ruido, polvo y otras molestias Disminución de riesgo de accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> Proceso mas ordenado, limpio, estético y eficiente 	<ul style="list-style-type: none"> Posible mayor empleo en la industria recicladora Mejora en condiciones laborales 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor participación del sector privado
NTI (Planta de Compostaje)	<ul style="list-style-type: none"> Manejo controlado y sanitario de desperdicios orgánicos 	<ul style="list-style-type: none"> Conservación de recursos naturales 	<ul style="list-style-type: none"> Posible mayor empleo Mejora en condiciones laborales 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor participación del sector privado
Disposición Final	<ul style="list-style-type: none"> Disposición Final sanitaria evita proliferación de vectores Evita quema de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> Evita contaminación del acuífero por lixiviado Protección del paisaje y de los sitios naturales 	<ul style="list-style-type: none"> Posible mayor empleo Mejora en condiciones laborales 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor participación del sector privado

Nota *: Sin embargo, debe advertirse que la mayor recuperación de material reciclable puede conducir a que baje el precio unitario de estos elementos, lo que a su vez tendría un impacto social negativo en el grupo de segregadores.

5.4.6 Evaluación Ambiental

Los siguientes puntos destacan en el P/M desde una perspectiva ambiental.

- Se eligió el lugar óptimo para el sitio de disposición final
- Se llevó a cabo la conservación de recursos.
- Los residuos orgánicos separados deben tratarse por medio de compostaje.

Estos puntos se tratan a continuación.

a. Localización del Sitio de Disposición Final

El P/M propone la expansión vertical de Bordo Poniente Etapa IV y la construcción de la Etapa V.

Ambos lugares parecen ser los más idóneos para desarrollar el sitio de disposición final. Estos lugares se encuentran dentro del área del ex Lago de Texcoco, en donde el suelo y el acuífero superficial son tan salinos que su uso está restringido de manera considerable. Reutilizar la Etapa IV por medio de la expansión vertical significaría reducir de manera considerable el efecto ambiental que pudiera ser ocasionado por el desarrollo de otro sitio nuevo de disposición final con la misma capacidad de relleno.

Es cierto que el impacto ambiental no se puede eliminar completamente, pero la propuesta para el sitio del P/M puede reducir el mismo.

b. Conservación de los Recursos

El P/M está enfocado a transformar la deficiente recuperación de materiales en un alcance sistemático dirigido a la conservación de los recursos, promoviendo la separación de residuos en la fuente, mejorando las P/S e introduciendo una planta de compostaje. Los residuos seguirán rutas respectivas a partir de puntos de generación a sus destinos finales de acuerdo con la categoría de cada uno de ellos. En consecuencia, se mejoraría de manera significativa la eficiencia en la recuperación y el desempeño de los costos.

c. Introducción del Compostaje

Se introducirá una planta de compostaje como un tratamiento intermedio de residuos sólidos. Esto acarreará los siguientes beneficios ambientales.

- i. Los residuos orgánicos, que son el componente más reactivo en los residuos no peligrosos, son estabilizados a través de la descomposición aeróbica de manera más rápida que cuando se le dispone en el sitio de disposición final que es anaerobio.
- ii. La descomposición aeróbica genera menos gas metano, el cual es el mayor contribuyente para el calentamiento global, en comparación con el relleno anaerobio.
- iii. El producto resultante debe utilizarse como un acondicionador del suelo que no dañe al ambiente, para promover la vegetación. Esta situación incrementará el valor ambiental y estético del área, creando una zona de amortiguación alrededor del sitio de disposición final o evitando el efecto del polvo en el área del ex Lago de Texcoco, dependiendo de su aplicación.

5.4.7 Evaluación Global General

En esta sección se ha analizado la validez del P/M para el MRS en el DF desde puntos de vista técnicos, institucionales, sociales, ambientales y económicos.

Técnicamente, se mostró que el P/M es apropiado tomando en cuenta el nivel técnico actual del GDF. Se consideran que la configuración institucional y los enfoques sociales propuestos en el P/M concuerdan con el sistema técnico y son recomendables. La instauración del P/M se justificó en términos ambientales a través de prospectos positivos para el mejoramiento del medio ambiente urbano.

En términos económicos y financieros, se mostró que el aumento en el costo financiero a partir del P/M no creará una carga demasiado excesiva para el GDF y el P/M puede acarrear beneficios económicos para la sociedad del DF.

De igual manera, se concluye que la ejecución del P/M es viable y apropiada para el MRS en el DF.

5.5 Plan de Instrumentación por Fases

La Figura 5-6 muestra el plan de instauración propuesto por el Plan Maestro.

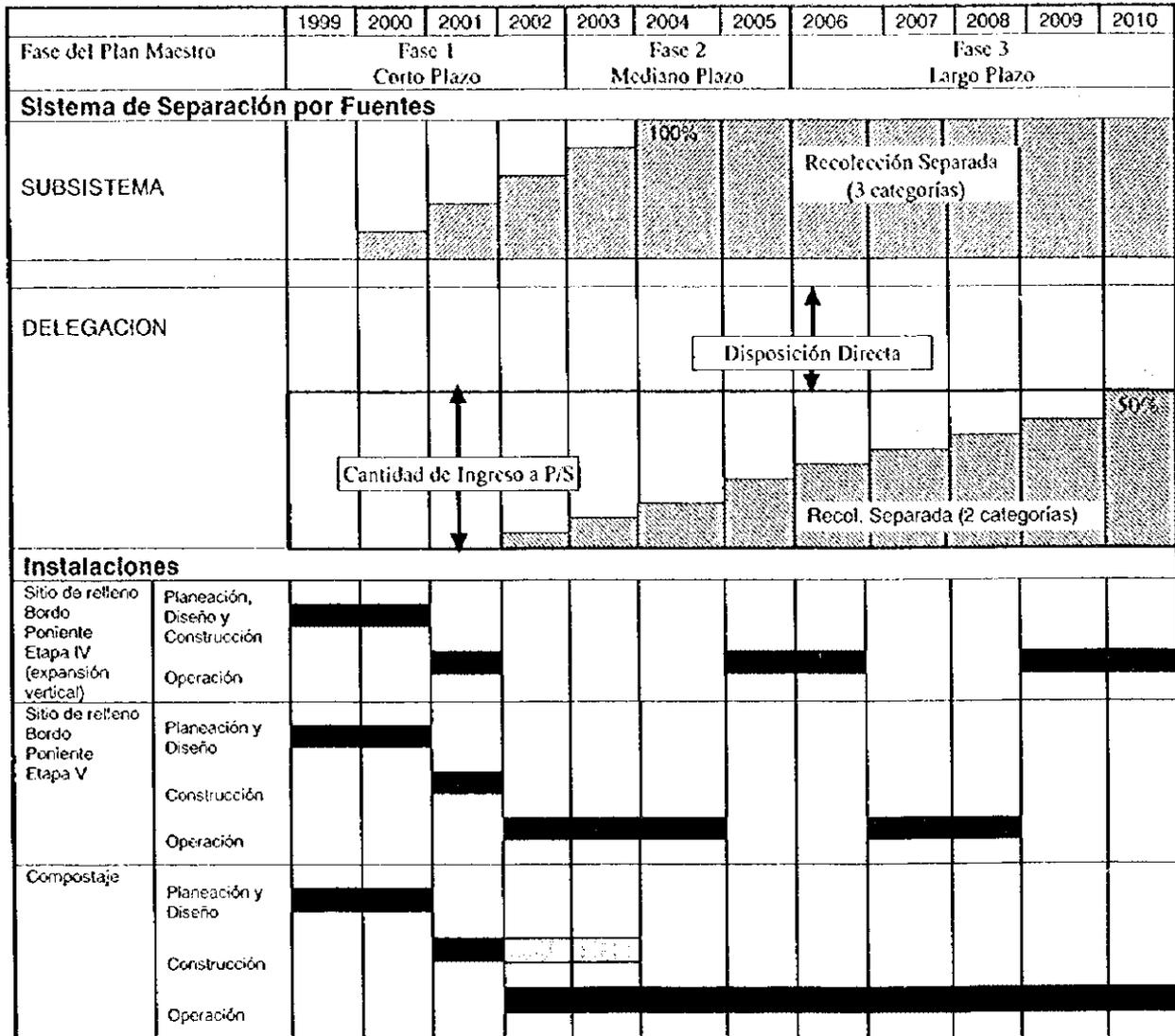


Figura 5-6: Plan de Instauración por Fases

5.6 Selección de los Proyectos Prioritarios

Los proyectos que están planeados para construirse en el corto plazo (Fase 1: año 1999 al 2001), como la expansión vertical de la Etapa IV, el establecimiento de la Etapa V y una nueva planta de compostaje, deben ser seleccionados como proyectos primordiales del Estudio.

5.7 Análisis Inicial del Ambiente

Muestra el AIA (Análisis Inicial del Ambiente) de los tres proyectos propuestos, es decir, el establecimiento de Bordo Poniente Etapa V, la expansión vertical de la Etapa IV y la introducción de una planta de compostaje.

El AIA es un proceso encaminado a determinar (i) si se requiere la EIA (Evaluación de Impacto Ambiental) detallada, e (ii) si es necesaria, qué tipo de impactos deben estudiarse más detalladamente. El primero se le conoce como *screening* (filtraje) y el segundo como *scoping* (delimitación del alcance). Los detalles de este análisis se describen en el Anexo G.

6 Estudio de Factibilidad para los Proyectos Prioritarios

6.1 Delineamiento de los Proyectos

6.1.1 Meta

Los sitios de disposición final son componentes indispensables del manejo de residuos sólidos del GDF para proporcionar servicios de limpieza a los ciudadanos. Sin embargo, debido a la urbanización dentro y alrededor del DF, cada año se dificulta para el GDF reservar terrenos para utilizarlos como sitios de disposición final. Lo que es más, los sitios de disposición final existentes cuentan con una capacidad bastante limitada, por lo que representan un tema crítico y urgente dentro del MRS del DF (la vida útil de servicio es hasta inicios del año 2001.).

Por lo tanto, el GDF requiere de acciones como las siguientes:

- reducción de la cantidad de disposición final; y
- establecimiento de un nuevo sitio para disposición final.

para cumplir con su misión de manejo de residuos sólidos. Además, para facilitar las acciones requeridas para la “reducción de la cantidad de disposición final” y resolver el tema crítico del “establecimiento de un nuevo sitio para disposición final”, se seleccionaron proyectos prioritarios; así como su diseño preliminar, costo estimado y viabilidad.

En la práctica, los proyectos prioritarios comprenden los siguientes:

- **una planta de compostaje** para procesar los residuos orgánicos que se entregan de manera separada a partir del subsistema y cuyo objetivo principal es prolongar la vida útil de los sitios de disposición final; y
- **la expansión vertical** del sitio existente de disposición final (BP-IV) y la construcción de un nuevo sitio de disposición final (BP-V).

La Figura 6-1 muestra la ubicación de estos proyectos prioritarios.

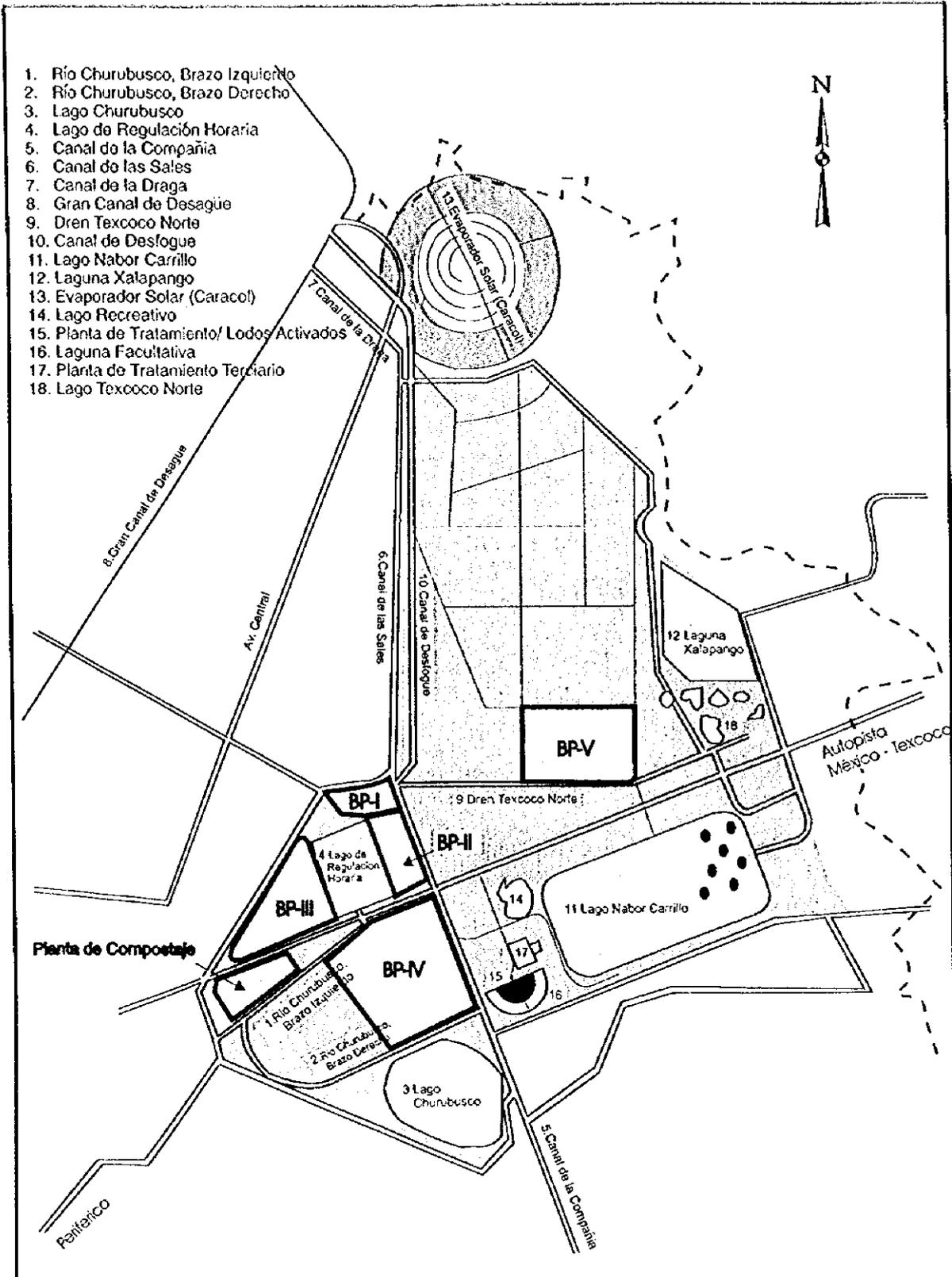


Figura 6-1:
Ubicación de los
Proyectos Prioritarios

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

6.1.2 Delineamiento de los Proyectos

El Cuadro 6-1 muestra el delineamiento de los proyectos.

Cuadro 6-1: Delineamiento de los Proyectos

	*Actual	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Población	8,610,000	8,654,000	8,698,000	8,747,000	8,796,000	8,846,000	8,896,000
Cantidad Generada de residuos (ton/año)							
Domiciliarios	1,925,000	1,946,000	1,956,000	1,967,000	1,976,000	1,989,000	1,999,000
Comerciales	1,210,000	1,217,000	1,221,000	1,225,000	1,230,000	1,234,000	1,238,000
Servicios	636,000	639,000	641,000	645,000	647,000	650,000	657,000
Especiales	133,000	135,000	135,000	135,000	137,000	137,000	137,000
Otros	265,000	267,000	269,000	269,000	272,000	273,000	274,000
Total	4,169,000	4,204,000	4,222,000	4,241,000	4,262,000	4,283,000	4,302,000
Compostaje							
**Calendario de construcción y operación	E/F	D,B, P/P (1)	P/P (2), D,D, S,V	CON(3/5)	OP(3/5)	OP(4/5)	OP(5/5)
					CON(1/5)	CON(1/5)	
Capacidad de tratamiento (ton/día)	-	-	-	-	750	1,000	1,250
Cantidad tratada (ton/año)	-	-	-	-	253,000	338,000	424,000
Disposición Final							
**Calendario de construcción y operación	BP-IV	E/F	D:B	D,D, CON	OP	-	-
	BP-V		D:B	D:D	CON	OP	OP
Sitio que será utilizado	BP-IV	BP-IV	BP-IV	BP-IV	BP-IV	BP-V	BP-V
Cantidad de disposición (ton/año)	3,751,000	3,903,000	3,889,000	3,876,000	3,609,000	3,493,000	3,385,000

* : Datos de 1997/1998.

** E/F: Estudio de factibilidad, D,B: diseño básico, D,D: diseño detallado, CON: construcción, OP: operación, P/P proyecto piloto

6.2 Diseño Preliminar del Sistema Técnico

6.2.1 Planta de Compostaje

6.2.1.1 Diseño Conceptual y Estimación de Costos

a. Delineamiento

Se determinó que la capacidad de tratamiento de la planta será de 1,250 ton/día, de acuerdo con los siguientes factores:

- 431,000 ton/año de residuos orgánicos que serán tratados para el año meta 2010; y
- 350 días/año como días laborales para la planta.

Por otro lado, se calcula que la producción de composta será de 166 ton/día, es decir, aproximadamente 58,000 ton/año.

Los procesos de la planta de compostaje comprenden principalmente los siguientes pasos (ver Figura 6-4):

- fermentación;
- maduración; y
- separación.

El tiempo del proceso, para propósitos del diseño preliminar, es de 28 días para la fermentación y 120 días para la maduración.

Las instalaciones auxiliares para la planta son las siguientes:

- báscula;
- lugar para recepción de los residuos;
- lugar para almacenamiento;
- taller de mantenimiento para maquinaria/equipo; y
- oficina y laboratorio.

b. Parámetro de Diseño de la Planta de Compostaje

b.1 Principios de Diseño

- Se planea que la planta de composta inicie operaciones en el año 2002, cuando se alcance en el subsistema una recolección separada de alrededor de 60%, por lo que la capacidad requerida para compostaje en esas fechas será de 750 ton/día. Está calculado que esta recolección separada aumentará a 80% en el año 2003 y 100% en el año 2004.
- La instauración del proyecto comprende lo siguiente: la fase 1 (sitio para las pilas con una capacidad de 750 ton/día y un área para la maduración con capacidad de 240 ton/día en el año 2001); y la fase 2 y 3 en el año 2002 y 2003, respectivamente (cada sitio para las pilas con una capacidad de 250 ton/día y un lugar para la maduración con capacidad de 80 ton/día). Se planea que la capacidad total para compostaje será de 1,250 ton/día a partir del año 2004 y se mantenga hasta el 2010.
- Ya que no se puede poner en práctica el mejoramiento gradual de la instalación para la separación, ésta se construirá a 100% de su capacidad en el año 2001.
- Si se considera que el sitio para el proyecto se encuentra sobre un terreno suave muy compresible (en la región del antiguo lago de Texcoco), se tiene estipulado que la maquinaria/equipo a incorporarse en las instalaciones sea tipo móvil, para que así se eviten los problemas de asentamiento del suelo durante la operación de la planta.

b.2 Parámetros de Diseño Principales

El Cuadro 6-2 resume los parámetros de diseño.

Cuadro 6-2: Parámetros de Diseño

Sección de fermentación		
Materia prima (residuos orgánicos)	Cantidad	431,000 ton/año
	Cont. a ser compostado	16.6 % peso - 26.6 % peso
	Contenido de humedad	68 % peso - 78 % peso
	Peso volumétrico	280 kg/m ³
	C/N	20 - 27
Operación		350 días/año 20 horas/día
Capac. de tratamiento	Total	1,250 ton/día
	Año 2002	750 ton/día
	Año 2003	1,000 ton/día
	Año 2004 y adelante	1,250 ton/día
Pila		Trapezoide *1
	Ancho (Parte inferior)	5.0 m *1
	Ancho (Parte superior)	3.0 m *1
	Altura	1.5 m *1
	Área de Sección transversal	6.0 m ² *1
Período de fermentación		28 días
Frecuencia de volteo		1 vez/5 - 6 días
Temperatura de pila		55°C
Sección de maduración		
Operación		350 días/año 20 horas/día
Capac. de tratamiento	Total composta fresca	400 ton/día (max.) *2
	Año 2002	240 ton/día
	Año 2003	320 ton/día
	Año 2004 y adelante	400 ton/día
	Contenido de humedad	45 %
	Peso volumétrico	600 kg/m ³
Período de maduración		120 días
Separación		
Operación		350 días/año 16 horas/día
Capac. de tratamiento	Composta madura	300 ton/día (max.) *2
	Contenido de humedad	30 %
	Peso volumétrico	600 kg/m ³

*1 : Estas cifras se refieren a la especificación de la máquina de volteo utilizada por la DGSU para la fermentación de residuos verdes (pasto, ramas podadas) de parques y jardines.

*2 : Estas cifras se calculan a partir del *1 con base en las condiciones proporcionadas en la sección 6.5 "Balance de materiales".

b.3 Cantidad y Calidad de la Composta

El Cuadro 6-3 muestra la calidad y cantidad de la composta enfocada para el diseño preliminar.

Cuadro 6-3: Cantidad y Calidad de la Composta

Cantidad		166 ton/día 58,000 ton/año
Calidad	Contenido de Humedad	30 % peso
	Peso volumétrico	600 kg/m ³
	Proporción C/N	< 15

b.4 Flujo de Proceso de la Planta de Compostaje

La Figura 6-2 muestra el flujo de la planta de compostaje.

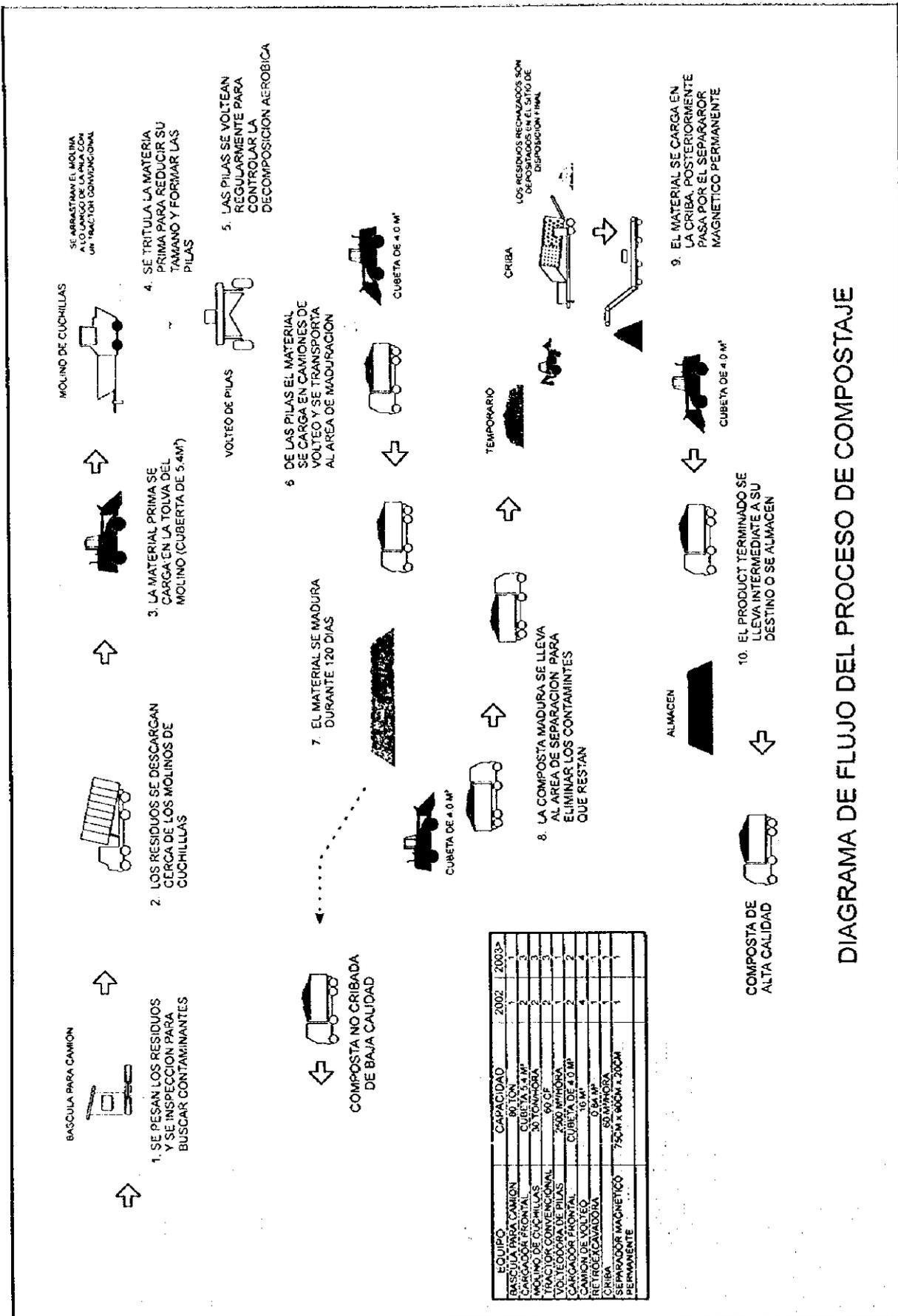


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Figura 6-2: Diagrama de Flujo de la Planta de Compostaje Propuesta

b.5 Balance de Materiales

La Figura 6-3 muestra el balance de materiales en la planta de compostaje para el caso de un contenido de humedad de 73%.

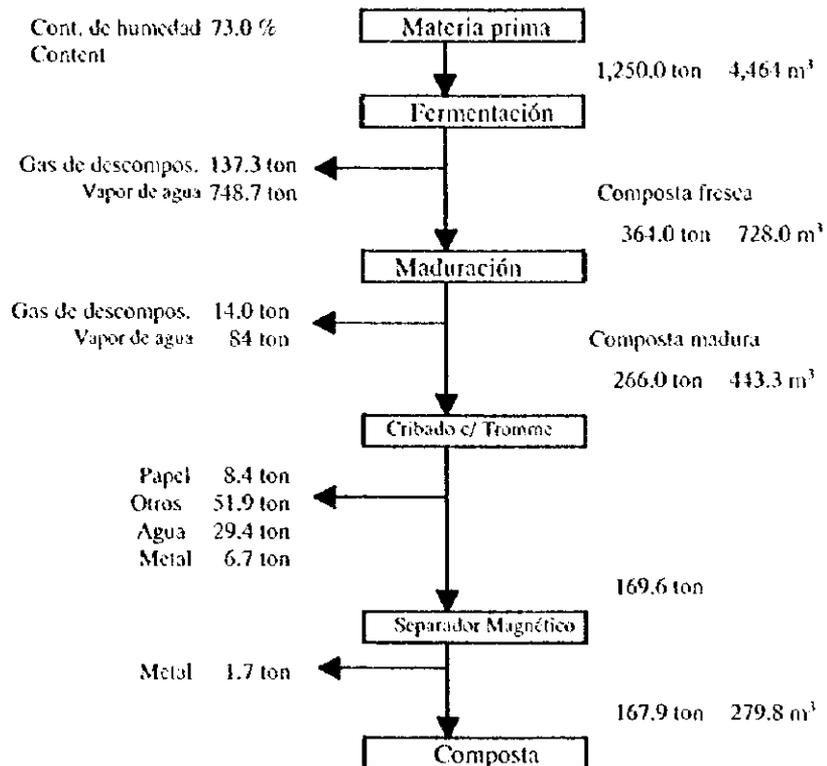


Figura 6-3: Balance de Materiales de la Planta de Compostaje

b.6 Plano de la Planta de Compostaje

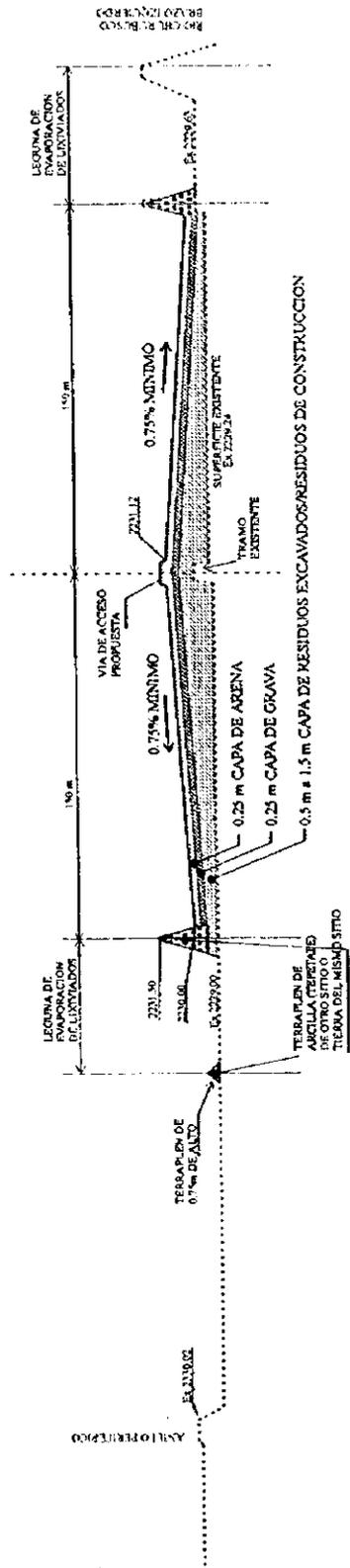
Se preparó la propuesta del plano de la planta de compostaje considerando los siguientes aspectos.

- Para evitar la influencia sobre las estructuras de los canales, la planta estará separada del margen del canal por lo menos 60 metros a partir del margen del brazo izquierdo de Río Churubusco.
- El área para fermentación de las pilas representa una porción muy grande del área total de la planta. Por lo tanto, el plano considera el trazado del dibujo para las pilas y en consecuencia las áreas para maduración y el sitio de separación, para tener un transporte eficiente dentro del sitio.
- El sitio propuesto para la planta de compostaje está ubicado cerca del sitio de disposición Bordo Poniente Etapa IV y la planta de selección. Para establecer rutas de transporte directas se hace necesario la construcción de puentes ya que ambos sitios (planta de compostaje y el sitio de disposición/planta de selección) se encuentran divididos por el Río Churubusco. Sin embargo, se estima que los costos para construcción de puentes son sumamente caros. Pero favorablemente, el sitio de la planta de compostaje está unido al Anillo Periférico, cuyo camino

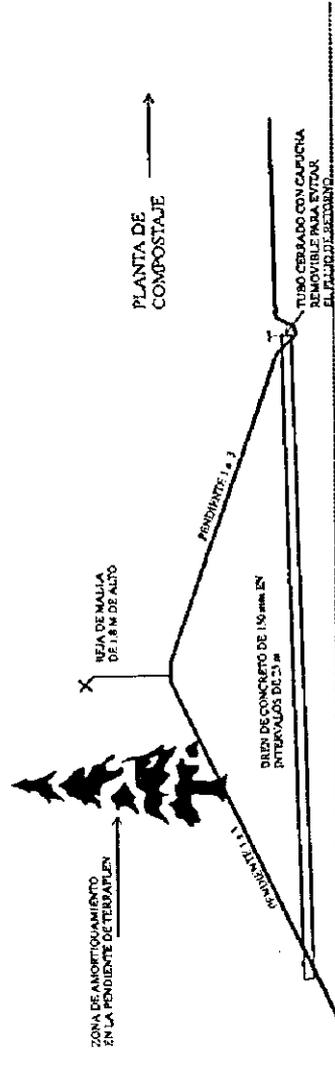
puede ser utilizado para el transporte de residuos y composta sin realizar grandes gastos en construcción puentes.

- Para poder mitigar los olores y el ruido ocasionados principalmente al estar formando las pilas y volteándolas, se propone una zona de amortiguamiento de más de 100 metros entre las pilas y las vías principales más cercanas.
- Ya que algunas veces se presentan ventarrones en los alrededores, el plano incorpora una cortina arbórea que funcionará para mitigar el ruido generado y, además, mejorará la apariencia de la planta..

La Figura 6-4 ilustra el plano propuesto de la planta de compostaje, y la Figura 6-5 muestra el corte transversal de la misma.



SECCION A-A A TRAVES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE
SIN ESCALA



DETALLE DEL TERRAPLEN

Figura 6-5: Corte Transversal A-A de la Planta de Compostaje Propuesta

b.7 Calendario de Construcción

El Cuadro 6-4 muestra el calendario de construcción para la planta de compostaje.

Cuadro 6-4: Calendario de Construcción de la Planta de Compostaje

Año	2001	2002	2003	2004	2010
Capacidad requerida (ton/día)	---	750	1,000	1,250	1,250
Sección de fermentación (ton/día)	750	250	250	---	---
Sección de maduración (ton/día)	240	80	80	---	---
Sección de Separación (ton/día)	300	---	---	---	---

b.8 Estimación de Costos

El Cuadro 6-5 presenta la estimación preliminar de costo.

Cuadro 6-5: Estimación Preliminar del Costo de la Planta de Compostaje

Concepto	Detalles	Unidad	Costo unitario US\$	Cantidad	Costo US\$	Costo pesos P9.1=\$1
MEJORAS AL SITIO Terraplenos	Aplicación de capa de 1.0m de residuos de construcción	m ²	1.04	370,000	385,000	3,504,000
	Grava para base, grosor = 0.25 m, A=33 ha	m ³	4.2	91,000	382,000	3,476,000
	Aplicación de arena, grosor = 0.25, A=33	m ³	5.35	94,000	503,000	4,577,000
	Aplanado de superficie para drenaje	m ²	0.23	330,000	76,000	692,000
Mejoras en general	Terraplenado, construcción de camino de salida, drenaje, enrejado, conexión de electricidad, alumbrado, mejoras a accesos, tanque de combustible, cisternas, construcciones portátiles				599,000	5,451,000
Total de mejoras al sitio					1,945,000	17,700,000
EQUIPO						
Báscula p/camión	80 ton + cimentaciones, etc.	Unidad	60,000	1	60,000	546,000
Cargador frontal (A)	Máquina con cucharón de 5.4m ³	Unidad	125,400	3	376,000	3,422,000
Cargador frontal (B)	Máquina con cucharón de 5.4m ³	Unidad	100,320	2	201,000	1,829,000
Cargador compacto	Retroexcavadora, cucharón de 2.36m ³ /0.84m ³	Unidad	34,320	1	34,000	309,000
Camión de volteo	16m ³ , 10 ton	Unidad	33,660	4	135,000	1,229,000
Tractor convencional	60 hp (total máquina)	Unidad	33,000	3	99,000	901,000
Camión cisterna	8,000 litros	Unidad	28,380	1	28,000	255,000
Molino de cuchillas	Cap. de 30 ton/hora, 175 hp	Unidad	99,000	3	297,000	2,703,000
Máquina de volteo	Cap. de 2,500 ton/hora	Unidad	180,000	1	180,000	1,638,000
Trommel o criba	Tamiz de 8mm y transportadoras	Unidad	201,600	1	202,000	1,838,000
Separador magnético	Imán permanente y marco	Unidad	7,200	2	14,000	127,000
Banda transp. (separación)	p=600, ángulo = 25%	Unidad	15,000	3	45,000	410,000
Equipo p/recolección	Capacidad de 2 ton	Unidad	22,500	2	45,000	410,000
Total de equipo					1,716,000	15,617,000
Subtotal (1)					3,661,000	33,617,000
Varios 10%					367,000	3,332,000
Costos directos					4,028,000	36,649,000
Gastos generales 30%					1,209,000	10,995,000
Costo de const. total					5,237,000	47,644,000
Contingencias físicas 10%					524,000	4,764,000
IVA 15%					785,000	7,147,000
Costo total					6,546,000	59,555,000

b.9 Costo del Proyecto Prioritario (Planta de Compostaje)

El Cuadro 6-7 muestra los costos del proyecto de compostaje de 1999 al 2010 de manera anual. Los dos casos de abajo aquí muestran la estimación de costos.

- Caso 1: Inversión y operación por parte de la DGSU

- Caso 2: Inversión por parte de la DGSU y contratar la operación

En el caso 1, la DGSU invierte en toda la construcción, proporciona todo el equipo y opera la planta de composta directamente, mientras que en el caso 2 la DGSU invierte en toda la construcción, proporciona algunos de los equipos y una empresa privada abastece el resto de equipo y opera la planta de compostaje mediante un contrato con la DGSU.

Cuadro 6-6: Abastecimiento de equipo en el Caso 2

DGSU		Compañía privada	
Báscula para camión:	1	Cargador frontal (A):	3
Molino de cuchillas:	3	Cargador frontal (B):	2
Máquina de volteo de pilas:	1	Cargador compacto:	1
Trommel o criba:	1	Camión de volteo:	4
Separador magnético:	2	Tractor de granja:	3
Banda transportadora:	3	Camión cisterna:	1
		Equipo de recolección:	2

Cuadro 6-7: Costo de Proyecto Prioritario (Planta de Compostaje)

Unidad : US\$ 1,000

Caso	Año	Diseño Básico		Proyectos Piloto		Diseño Detallado + supervisión		Construcción		Equipo		O & M (contratado)		O & M (directo)		Renta del terreno		Total		
		Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local	Foráneo	Local + Foráneo
Caso 1	1999	50	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	2	60
	2000	-	-	8	2	164	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	2	174
	2001	-	-	-	-	99	2,376	-	-	2,548	-	-	-	-	-	-	-	2,508	2,548	5,056
	2002	-	-	-	-	33	551	-	-	520	-	-	530	132	-	-	-	1,147	652	1,799
	2003	-	-	-	-	33	551	-	-	-	-	-	656	164	-	-	-	1,273	164	1,437
	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	656	164	-	-	-	689	164	853
	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	656	164	-	-	-	689	164	853
	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	656	164	-	-	-	689	164	853
	2007	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	656	164	-	-	-	689	164	866
	2008	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2,441	-	-	-	-	-	-	656	164	3,296
	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	520	-	-	-	-	-	-	689	684	1,373
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	689	164	853	
Total	50	-	16	4	344	-	3,478	-	-	6,029	-	5,778	1,444	-	330	-	9,996	7,477	17,473	
	50	-	20	344	-	3,478	-	6,029	-	7,222	-	-	-	-	330	-	-	-	-	-
Caso 2	1999	50	-	8	2	164	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	2	60
	2000	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	2	174
	2001	-	-	-	-	99	2,376	-	-	1,250	-	-	-	-	-	-	-	2,508	1,250	3,758
	2002	-	-	-	-	33	551	-	-	177	-	-	81	20	-	-	-	1,749	197	1,946
	2003	-	-	-	-	33	551	-	-	-	-	-	99	25	-	-	-	1,902	25	1,927
	2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	25	-	-	-	1,318	25	1,343
	2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	25	-	-	-	1,318	25	1,343
	2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	25	-	-	-	1,318	25	1,343
	2007	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	99	25	-	-	-	1,318	25	1,356
	2008	-	-	-	-	2	-	-	-	1,142	1,186	-	-	99	25	-	-	1,318	1,167	2,487
	2009	-	-	-	-	-	-	-	-	177	1,186	-	-	99	25	-	-	1,318	202	1,520
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,186	-	-	99	25	-	-	1,318	25	1,343	
Total	50	-	16	4	344	-	3,478	-	2,746	10,539	-	873	220	-	330	-	15,630	2,970	18,600	
	50	-	20	344	-	3,478	-	2,746	10,539	1,093	-	-	-	-	330	-	-	-	-	-

6.2.2 Sitios de Disposición Final

6.2.2.1 Plan de Expansión Vertical de la Etapa IV

La expansión vertical propone disponer residuos hasta una altura de 24 m., con el fin de extender su vida útil.

a. Impactos Físicos derivados de la Expansión Vertical Propuesta

El área de Bordo Poniente se encuentra sobre una capa arcillosa altamente compresible de 60 metros de grosor del antiguo lago de Texcoco. La Etapa IV se localiza sobre dicho terreno. La carga de los residuos causa el asentamiento de los suelos debajo del relleno debido a las características de los mismos. En el plan de expansión vertical se prevé que si se continúa colocando residuos en ese relleno, el asentamiento del subsuelo será mayor.

En esta sección, se evalúan aspectos que tienen que ver con los impactos físicos de la expansión vertical; estos puntos se enumeran a continuación:

- Influencia sobre el Canal (Canal de la Compañía);
- Influencia sobre la geomembrana; y
- Efecto en la estabilidad de los taludes del relleno

a.1 Influencia de la Expansión Vertical sobre el Canal

a.1.1 Condiciones para la Estimación de esta Influencia

Se emplearon los datos de las capas de suelo extraídas del pozo de perforación SM-8 para hacer el cálculo (ver Anexo H). Para los propósitos de la estimación, la capa lacustre se ha subdividido en 10 capas, como lo muestra el Cuadro 6-8. Además, se ha supuesto que la carga de residuos será aquella ejercida por residuos dispuestos hasta una altura de 24m.; y el peso unitario de estos residuos, después de su compactación inicial en el relleno, sería de 0.8 ton/m³. Además, se han estudiado dos casos, que dependen de la inclusión ó no de la fuerza ascensional que produce el agua subterránea. El Caso 1 ignora esta fuerza ascensional; mientras que el Caso 2 la toma en consideración.

Cuadro 6-8: Condiciones del Subsuelo

Capa	Grosor de la capa (m)	Peso unitario (ton/m ³)
1	1.0	1.80
2	5.5	1.13
3	1.0	1.80
4	8.5	1.26
5	5.0	1.18
6	5.0	1.18
7	6.0	1.18
8	10.0	1.18
9	2.0	1.67
10	10.0	1.18

Nota: Se asume que el nivel del agua tiene una profundidad de 0m, ya que el nivel de esta agua subterránea en el SM-7 fue de 0.03m y en el SM-8 de 0.35m.

a.1.2 Resultados de la Estimación

El resultado del caso 1, sin considerar la fuerza ascensional, muestra que el asentamiento final de subsuelo (el máximo hipotético) es de 19.6 m en el centro del relleno, lo cual puede provocar un hundimiento de 8cm en el canal de drenaje que se encuentra a una distancia de 80 metros de dicho centro. Por otra parte, si se considera la fuerza ascensional, como en el caso 2 (el mínimo hipotético), el hundimiento es de 12.6m en el centro del relleno, lo que puede ocasionar un asentamiento de 4cm en el canal de drenaje a una distancia de 80 metros del mencionado centro.

a.1.3 Influencia de la Expansión Vertical sobre la Geomembrana

La membrana debajo del talud de la primera capa de relleno, sufrirá el esfuerzo de tensión más pronunciado. Este esfuerzo se puede representar como alrededor de 3.0%, en términos de elongación. Sufriendo un estiramiento de 1.5% si se considera el caso unidimensional ($32.47 \text{ m}/32 \text{ m}=1.015$) y de 3.0 % si se considera el estiramiento por área de membrana o sea el caso bidimensional ($32.47^2/32^2=1.030$). Se estima que esta elongación puede ser asimilada por la geomembrana, de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

a.1.4 Influencia de la Expansión Vertical sobre la Estabilidad del Talud del Relleno

El relleno existente tiene una pendiente de 1 a 4, y esta misma pendiente deberá ser utilizada para lograr la expansión de 8 a 16 m., y de 16 a 24 m. El menor factor de seguridad (0.948) se presenta para el talud formado entre los 0 a 8 m. Un factor de seguridad menor que 1.0 significa que, teóricamente, falla en la estabilidad del talud podría ocurrir; sin embargo, esto no ha ocurrido en la realidad. Por otra parte, para otros taludes formados entre 8 a 16 m. y 16 a 24 m., los factores de seguridad exceden 1.0, por lo tanto, la expansión vertical resulta viable desde la perspectiva de estabilidad de taludes.

Cuadro 6-9: Resultado de los Cálculos sobre la Estabilidad de Taludes (Método Bishop)

Talud	Altura del Relleno	Factor Mínimo de Seguridad	Coordenadas del Talud de Deslizamiento		Radio del Deslizamiento Giratorio (m)	Momento de Resistencia (ton-m)	Momento de Deslizamiento (ton-m)
			X	Y			
1	0 a 8m	0.948	10.00	15.00	30.13	2,001.15	2,111.67
2	8 a 16m	1.077	146.00	16.00	51.00	8,584.00	7,968.72
3	16 a 24m	1.313	280.00	25.00	60.00	11,634.95	11,149.46

a.2 Manejo de Lixiviados

a.2.1 Estimación de la Cantidad de Generación de Lixiviados

La estimación de la cantidad de lixiviados generados, que ocurre bajo las condiciones actuales, fue realizada utilizando datos de la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Benito Juárez. Los resultados muestran que 101 mm/año de precipitación se infiltrará en el suelo; subsecuentemente, el contenido de agua de los residuos y suelos, bajo la cubierta de suelo aplicada, alcanzarán su capacidad de

campo en 3 años. Finalmente, 101 mm/año de lixiviados se producirán en el fondo del relleno a partir del 4^{to} año (ver la Figura 6-6). Detalles de las estimaciones se describen en el Anexo II.

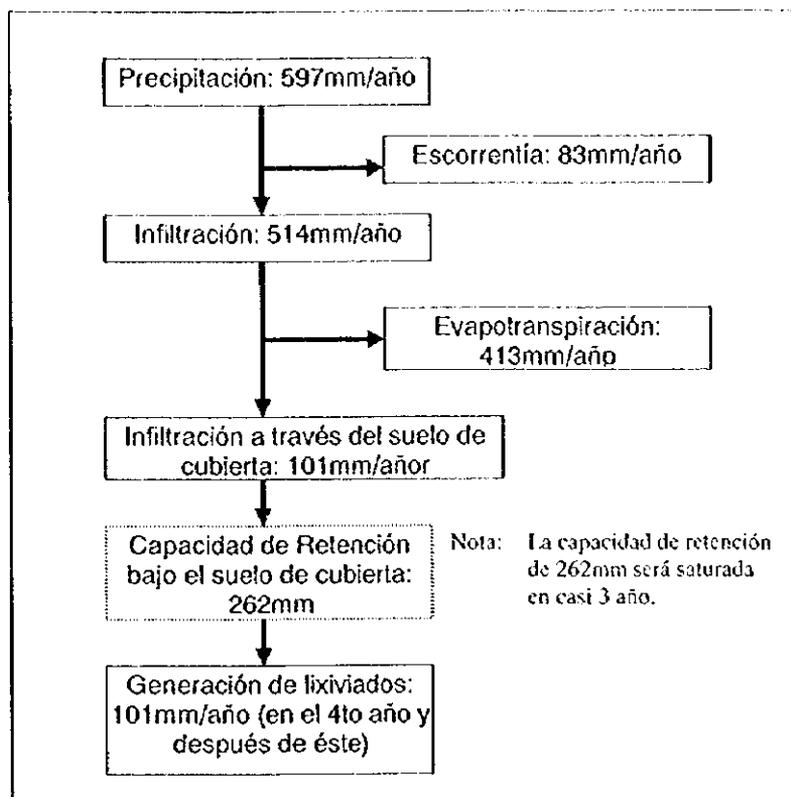


Figura 6-6: Generación de Lixiviados

a.3 Cantidad de Disposición de Residuos

La proyección de la cantidad de residuos que será dispuesta durante el período de 10 años se muestra en el Cuadro 6-10.

Cuadro 6-10: Cantidad de Disposición de Residuos del año 2001 al 2010

Año	Disposición de Residuos					
	Total		Etapa IV		Etapa V	
	1000t ton	1000 m ³	1000 ton	1000 m ³	1000 ton	1000 m ³
2001	3,876	4,845	3,876	4,845		
2002	3,609	4,511			3,609	4,511
2003	3,493	4,366			3,493	4,366
2004	3,385	4,231			3,385	4,231
2005	3,373	4,216	3,373	4,216		
2006	3,358	4,198	3,358	4,198		
2007	3,340	4,175			3,340	4,175
2008	3,321	4,151			3,321	4,151
2009	3,300	4,125	3,300	4,125		
2010	3,278	4,098	3,278	4,098		
Total	34,333	42,916	17,185	21,482	17,148	21,434

Nota: la densidad volumétrica de los residuos en el relleno está calculada en 800kg/m³.

b. Diseño Conceptual y Estimaciones de Costos

b.1 Parámetros Claves para Diseño

Los parámetros claves para el diseño fueron establecidos de la manera siguiente:

- Densidad del residuo después de compactar el relleno: 800 kg./m³
- Cronograma de operación del relleno: 24 hrs./día
365 días/año
- Vida útil de los camiones y equipo pesado: 7 años
- Vida útil de los edificios y las obras civiles: 30 años
- Tasa de cambio: 1.0 USD=9.1 pesos
- Cubierta diaria de tierra (intermedia): 30 cm
- Elevación final del relleno: 24 m

b.2 Delineamiento del Diseño Conceptual

Esquema del diseño conceptual para el Plan de Expansión Vertical se presenta en el Cuadro 6-11.

Cuadro 6-11: Esquema del Diseño Conceptual para el Plan de Expansión Vertical

Aspectos	Instalaciones
Capacidad del Relleno	25,849,000m ³ (20,679,000ton) se encuentran disponibles para la disposición de residuos.
Acceso	a 0 m. de elevación camino externo: 8,285m (existente) camino interno: 26,675m (existente) a 8 m. de elevación camino externo: 7,075m camino interno: 19,623m a 16 m. de elevación camino externo: 5,160m camino interno: 6,453m
Manejo de Lixiviados	Pozos para extracción de lixiviados tubería de concreto de 600mm de diámetro: 24 unidades Bomba para la extracción y aspersado de lixiviados: 24 unidades Tubería para recolección de lixiviados a 0m de elevación: 26,675m a 8m de elevación: 26,708m a 16m de elevación: 11,613m
Manejo de gas generado en el relleno	Pozos para la extracción de gases tubería de concreto de 600mm de diámetro: 198 unidades Tubería para la extracción de gases - PVC200 a 8m de elevación: 141 unidades a 16m de elevación: 102 unidades
Manejo de Aguas Superficiales	Diaria/cubierta intermedia de suelo: 30cm (Composta también está disponible.)
Monitoreo	Puntos a monitorearse: -asentamiento del relleno -calidad del lixiviado -calidad del gas extraído
Diseño Estético	Reja movable Cubierta intermedia diaria de suelo: 30cm ("Composta" también está disponible)

Aspectos	Instalaciones
Clausura y post-clausura	Cubierta final del suelo: 60cm Crear área verde por medio de la siembra de pasto
Equipo para el Relleno	Bulldozer (de 300hp): 4 unidades Camiones cisternas (de 15,000litros): 2 unidades Excavadora (85hp class): 2 unidades

b.3 Capacidad del Relleno

Cuadro 6-12: Cantidad de Residuo Dispuesta en la Etapa IV

Unidad: 1,000m³

Elevación	Capacidad del Relleno	Cantidad de Residuo Dispuesta						Capacidad remanente
		2001	2005	2006	2009	2010	Total	
8-16m	16,447	4,845	4,216	4,198	3,188		16,447	0
16-24m	9,402				937	4,098	5,035	4,367
Total	25,849	4,845	4,216	4,198	4,125	4,098	21,482	4,367

b.4 Estimación de Costos

Dos casos son examinados para la operación del relleno. Estos son los siguientes:

- Caso 1: Inversión y Operación por parte de la DGSU; y
- Caso 2: Inversión y contratación de servicios por parte de la DGSU.

Teniendo en cuenta que el estimado de los costos se torna diferente para los dos casos, los cálculos se realizaron para ambos por separado.

Cuadro 6-13: Resumen de los Costos para el Plan de Expansión Vertical
(Caso 1)

Unidad: 1,000 USD

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con.(Rec.)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	33							33
2000		298	7,902		2,777			10,977
2001				2,164		728	425	3,317
2002						111	425	536
2003						21	425	446
2004						111	425	536
2005				1,883		728	425	3,036
2006				1,874		818	425	3,117
2007						21	425	446
2008						111	425	536
2009				1,773		728	425	2,926
2010				1,528		818	425	2,771
Total	33	298	7,902	9,222	2,777	4,195	4,250	28,677

D/B: Diseño básico para construcción y equipo

D/D: Diseño detallado para la construcción y equipo. La cantidad incluye también los costos de supervisión.

Con.(i): Inversión inicial para la construcción

Con.(Rec.): Inversión recurrente para la construcción

Equip.: Equipo para el relleno

O&M: Operación y mantenimiento

Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

Cuadro 6-14: Resumen de los Costos para el Plan de Expansión Vertical
(Caso 2)

Unidad: 1,000 USD

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con. (Rec.)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	33							33
2000		298	7,902					8,200
2001				2,164	901	619	425	4,109
2002						111	425	536
2003						21	425	446
2004						111	425	536
2005				1,883	901	619	425	3,828
2006				1,874	901	709	425	3,909
2007						21	425	446
2008						111	425	536
2009				1,773	901	619	425	3,718
2010				1,528	901	709	425	3,563
Total	33	298	7,902	9,222	4,505	3,650	4,250	29,860

D/B: Diseño básico para construcción y equipo

D/D: Diseño detallado para la construcción. La cantidad incluye también los costos de supervisión.

Con.(i): Inversión inicial para la construcción

Con.(Rec.): Inversión recurrente para la construcción

Equip.: Equipo para el relleno

O&M: Operación y mantenimiento

Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

6.2.2.2 Desarrollo de un Nuevo Relleno (Etapa V)

a. Impacto Físico del Desarrollo del Relleno Sanitario Propuesto

Al igual que el sitio de relleno Etapa IV, el sitio candidato para nuevo relleno sanitario se encuentra localizado sobre una capa de arcilla altamente compresible en el área del ex-Lago Texcoco. Por lo tanto, la influencia del relleno sobre el canal que cruza el sitio, sobre la estabilidad del talud, y sobre la geomembrana son examinadas con base al estudio geológico que se realizó durante el 2^{do} período de estudio en México.

a.1 Influencia del Relleno Propuesto sobre el Dren Texcoco Norte

Una evaluación de la influencia que podría causar el relleno propuesto sobre el Dren Texcoco Norte, que fluye al sur del relleno en mención, fue realizada con ayuda de los datos derivados del estudio del suelo. Las condiciones establecidas para la evaluación del asentamiento y sus resultados son presentados a continuación.

a.1.1 Condiciones para Estimar la Influencia sobre el Dren Texcoco Norte

La capa lacustre se dividió en 8 capas, de la manera mostrada en el Cuadro 6-15. El peso de carga ejercida por los residuos, se supuso aquella que se produciría cuando el relleno alcance 24 m. de altura; además, se asume que el peso unitario del residuo después de la compresión inicial es de 0.8 ton/m³. También se estudiaron dos casos, que consideraron la inclusión ó no de la fuerza ascensional producida por el agua subterránea. El Caso 1 ignora esta fuerza ascensional, mientras que el Caso 2 la toma en consideración.

Cuadro 6-15: Condiciones del Sub-suelo

Capa	Grosor de la capa (m)	Peso unitario (ton/m ³)
1	5.0	1.14
2	5.0	1.23
3	5.0	1.25
4	5.0	1.17
5	5.0	1.25
6	6.8	1.25
7	0.7	1.60
8	4.1	1.24

Nota: Se asume un nivel de agua a 0 m. de profundidad; debido a que se encontró agua subterránea en el SM-1 a 0.35 m.

a.1.2 Resultados de la Estimación

El resultado para el Caso 1, sin considerar la fuerza ascensional, es que el asentamiento final del subsuelo (máximo teórico) sería de 13.82 m. en el centro del relleno; lo que podría causar, a su vez, un asentamiento de 5 mm. en el canal de drenaje ubicado a unos 100 m. del sitio de relleno. Por otra parte, el asentamiento final del sub-suelo (máximo teórico) para el Caso 2, tomando en consideración la fuerza ascensional, sería de 9.35 m. en el centro del relleno; lo que podría causar un asentamiento de 2 mm. en el canal de drenaje ubicado a 100 m. del sitio de relleno.

El tiempo que transcurre para que ocurra determinado asentamiento también fue estimado; de manera tal que tomaría entre 3 y 4 años lograr un 60% del mismo (ver Cuadro 6-16). Por lo tanto, se recomienda dejar pasar un tiempo prudente antes de comenzar a colocar residuos en el siguiente nivel; en otras palabras, se recomienda un uso alternado de las Etapas IV y V.

Cuadro 6-16: Tiempo que Transcurre para Diferentes Asentamientos

Consolidación (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tiempo (days)	19	74	186	384	726	1378	2667	5072	9879	-
Asentamiento (m)	1.38	2.76	4.14	5.52	6.91	8.29	9.67	11.05	12.44	13.82

(Ver la sección L del Libro de Datos)

a.1.3 Influencia de la Expansión Vertical sobre la Geomembrana

La membrana debajo del talud de la primera capa de relleno, sufrirá el esfuerzo de tensión más pronunciado. Este esfuerzo se puede representar como alrededor de 1.1%, en términos de elongación. Sufriendo un estiramiento de 0.54% si se considera el caso unidimensional ($48.26 \text{ m.}/48 \text{ m.}=1.0054$) y de 1.1 % si se considera el estiramiento por área de membrana o sea el caso bidimensional ($48.26^2/48^2=1.011$). Se estima que esta elongación puede ser asimilada por la geomembrana, de acuerdo a las cualidades mecánicas de la misma.

a.1.4 Influencia sobre la Estabilidad del Talud del Relleno

El factor mínimo de seguridad en el nivel de 1 a 8 m., para una pendiente de 1 a 4, es igual a 0.920, lo que significaría que una falla del talud puede ocurrir debido a que ese factor es menor que 1.0. Aunque los antecedentes muestran que un talud de 1 a 4 no ha fallado para la Etapa IV, este estudio recomienda un pendiente más suave de 1 a 6

para el primer nivel que va de 0 a 8 m.; considerando que para este segundo talud, el factor mínimo de seguridad es mayor que 1.0.

Por otra parte, los factores mínimos para los otros taludes son superiores a 1.0; por lo tanto, se considera que el relleno propuesto es viable desde la perspectiva de estabilidad de taludes.

Cuadro 6-17: Resultado de los Cálculos sobre la Estabilidad de Taludes (Método Bishop)

Talud	Altura del Relleno	Factor Mínimo de Seguridad	Coordenadas del Talud de Deslizamiento		Radio del Deslizamiento Giratorio (m)	Momento de Resistencia (ton-m)	Momento de Deslizamiento (ton-m)
			X	Y			
1	0 to 8m (1:4)	0.920	15.00	15.00	29.91	1,668.55	1,812.72
1	0 to 8m (1:6)	1.044	25.00	25.00	41.55	3,632.08	3,478.33
2	8 to 16m	1.089	140.00	22.00	39.70	4,826.92	4,433.46
3	16 to 24m	1.302	270.00	25.00	48.34	9,234.27	7,093.06

a.2 Cantidad de Residuo Dispuesta

La cantidad de residuo dispuesta en la Etapa V es mostrada en conjunto con la cantidad dispuesta en la Etapa IV, en la sección denominada "Plan de Expansión Vertical de la Etapa IV" (ver Cuadro 6-10).

b. Diseño Conceptual y Estimación de Costos

b.1 Parámetros Claves para Diseño

Los parámetros claves para diseño son los mismos que los establecidos en la Etapa IV.

- Densidad del residuo después de compactar el relleno: 800 kg./m³
- Cronograma de operación del relleno: 24 hrs./día
365 días/año
- Vida útil de los camiones y equipo pesado: 7 años
- Vida útil de los edificios y las obras civiles: 30 años
- Tasa de cambio: 1.0 USD=9.1 pesos
- Cubierta de suelo diaria (intermedia): 30 cm.
- Elevación final del relleno: 24 m

b.2 Delineamiento del Diseño Conceptual

El esquema del diseño conceptual para el Nuevo Sitio de Disposición Final es presentado a continuación.

Cuadro 6-18: Esquema del Diseño Conceptual para el Nuevo Relleno
Propuesto

Aspectos	Estructuras/instalaciones
Area	Area del sitio: 256ha Area de relleno: 191 ha
Capacidad del Relleno	29,032,000m ³ (23,226,000ton) están disponibles para depositar residuos
Acceso	Camino de acceso: 605m Camino perimetral: 5,950m a 0m de elevación camino externo: 5,950m camino interno: 19,155m a 8m de elevación camino externo: 4,878m camino interno: 11,743m a 16m de elevación camino externo: 3,854m camino interno: 3,991m
Instalaciones para controlar el transporte de residuos	acceso: 1 (existente) báscula: 2 fosa para limpieza de llantas: 1 oficina: 1 garaje: 1 parqueo para carros: 1 área de parqueo y/o área de almacenamiento: 1
Manejo de lixiviados	Pozos para extracción de lixiviados tubería de concreto de 600mm de diámetro: 15 unidades Bomba para extracción y aspersado de lixiviados: 15 unidades Tuberías para recolección de lixiviados a 0m de elevación: 25,105m a 8m de elevación: 16,621m a 16m elevación: 7,845m
Manejo de los gases producidos por el relleno	Pozos para la extracción de gases tubería de concreto de 600mm diámetro: 116 unidades Tubería para la extracción de gases - PVC200 a 0m de elevación: 118 unidades a 8m de elevación: 91 unidades a 16m de elevación: 55 unidades
Manejo de Aguas Superficiales	Cobertura de suelo diaria/intermedia: 30cm (La composta también es utilizable.)
Monitoreo	Aspectos comprendidos en el monitoreo: -asentamiento del relleno -calidad de los lixiviados -calidad de los gases generados en el relleno -agua subterránea -agua superficial Instalaciones de monitoreo -pozos de monitoreo: 4 unidades
Diseño Estético	Reja móvil cobertura de suelo diaria/intermedia: 30cm (Composta también es utilizable.)
Cierre y post-cierre	Cubierta final de suelo: 60cm Creación de un área verde por medio de la siembra de pastos.
Equipo para el relleno	Bulldozer (de 300hp): 4 unidades Camiones cisterna (de 15,000litros): 2 unidades Excavadora (de 85hp): 2 unidades

b.3 Capacidad del Relleno

Cuadro 6-19: Cantidad de Residuos a ser Dispuesta en la Etapa V

Unidad: 1,000m³

Elevación	Capacidad del relleno	Cantidad de Residuo Dispuesta					Total	Capacidad remanente
		2002	2003	2004	2007	2008		
0-8m	14,720	4,511	4,366	4,231	1,612		14,720	0
8-16m	9,220				2,563	4,151	6,714	2,506
16-24m	5,092							5,092
Total	29,032	4,511	4,366	4,231	4,175	4,151	21,434	7,598

b.4 Esquema del Relleno

El esquema del relleno es presentado en la Figura 6-7, y las instalaciones para controlar el transporte de residuos se muestran en la Figura 6-8.

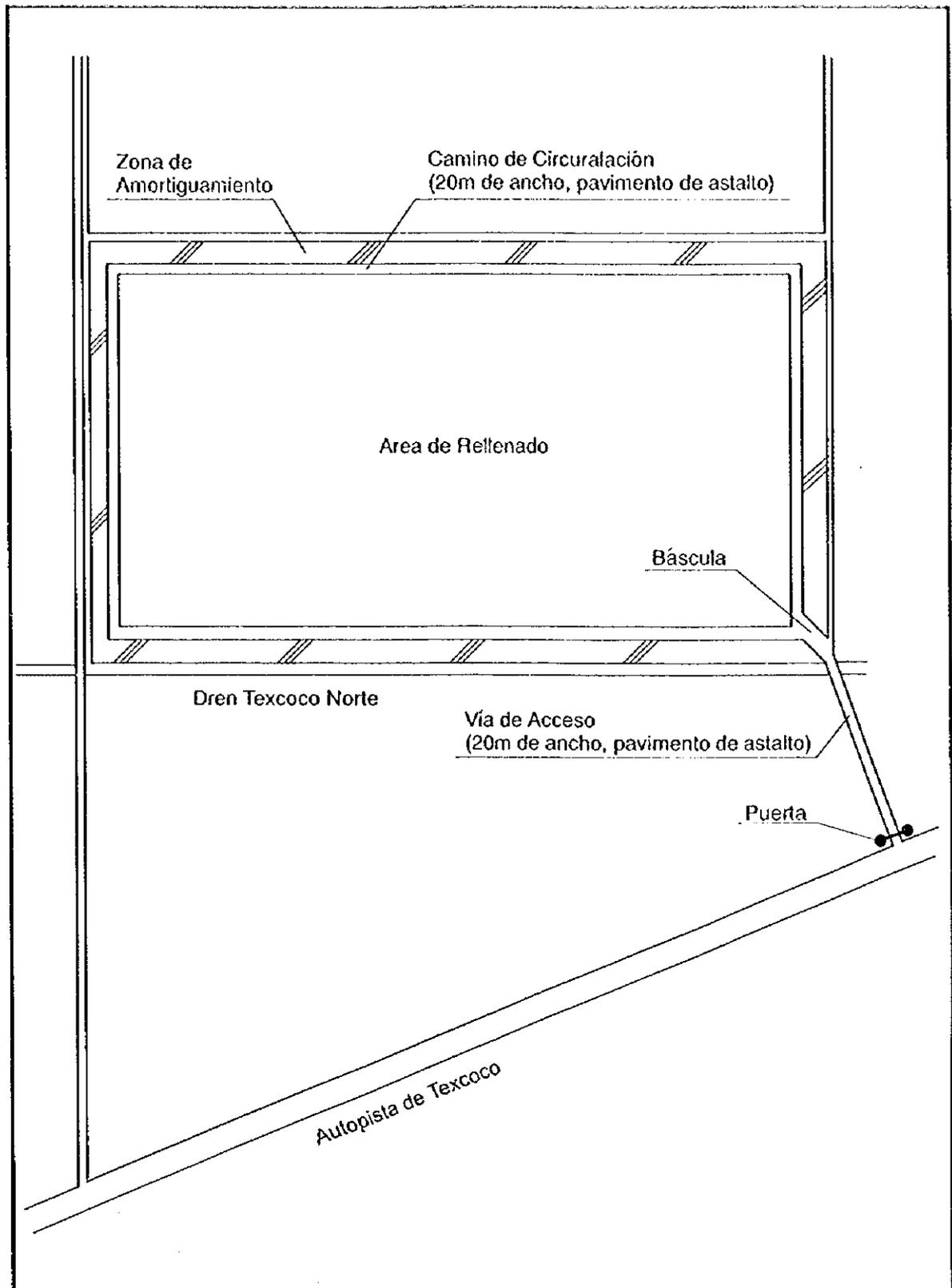


Figura 6-7:

Esquema del Relleno de
la Etapa V

0 250 500 m
Escala:

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

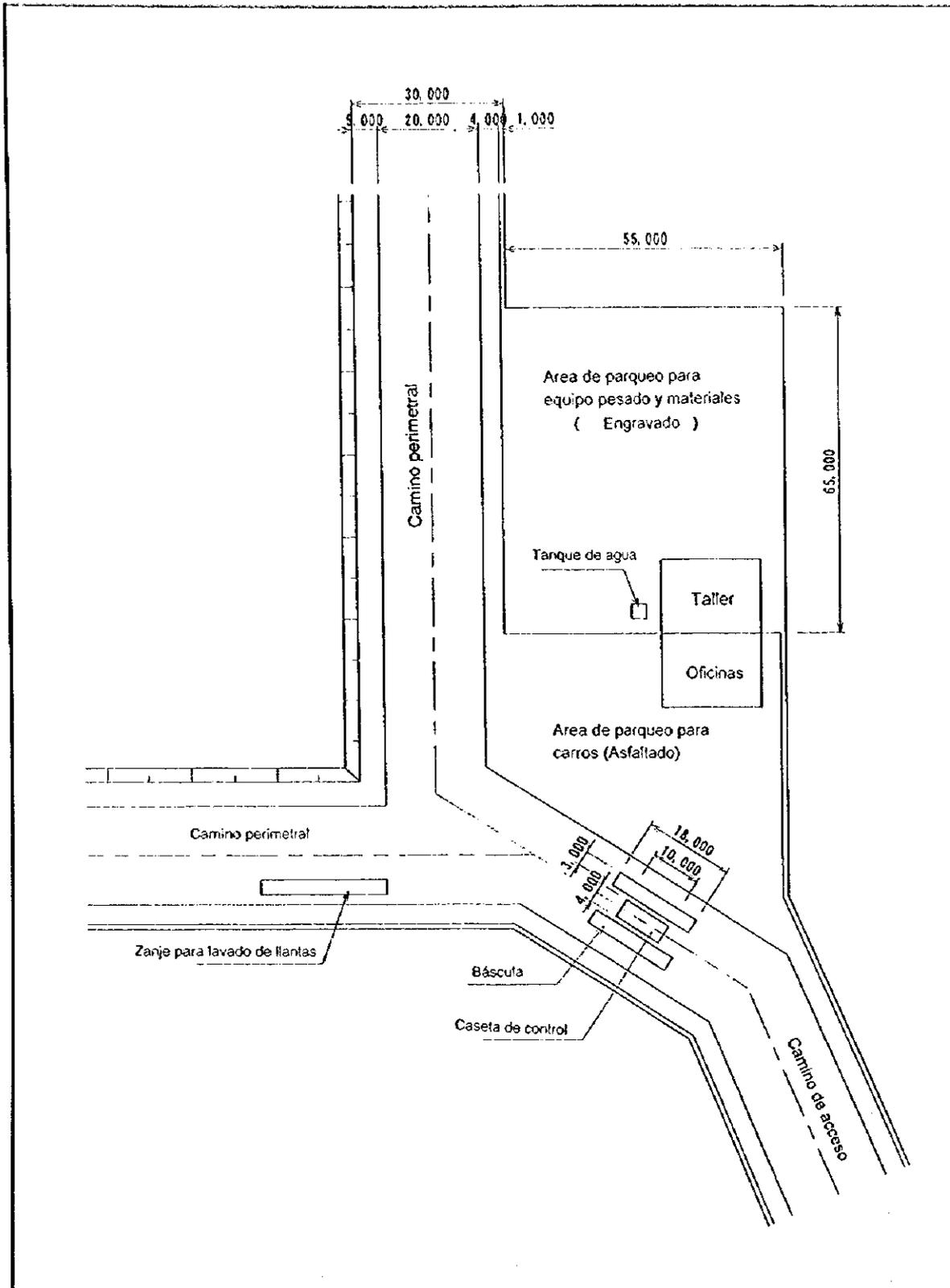


Figura 6-8:
Plano de Planta de las
Instalaciones para Controlar
el Transporte de Residuos

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

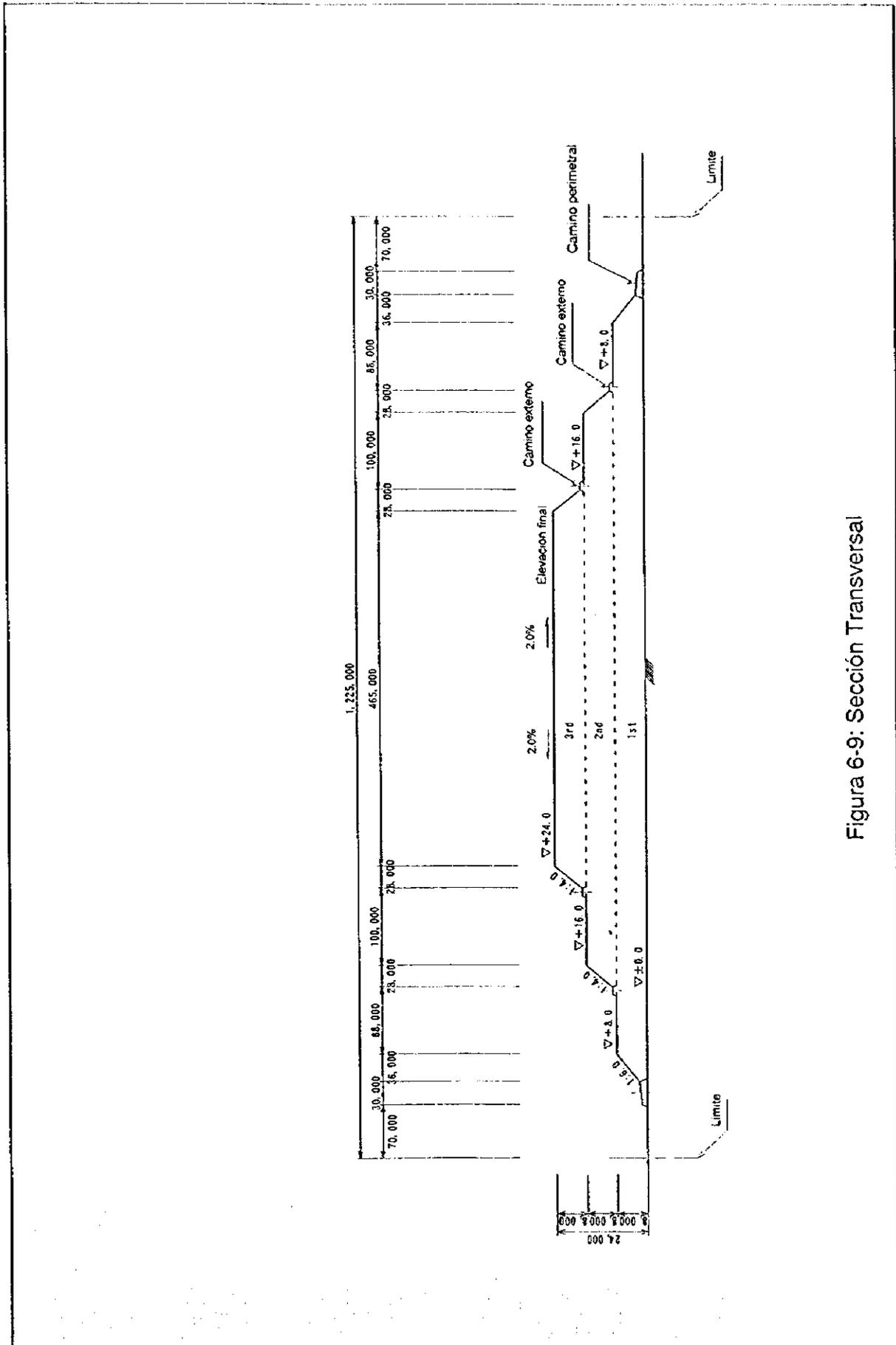
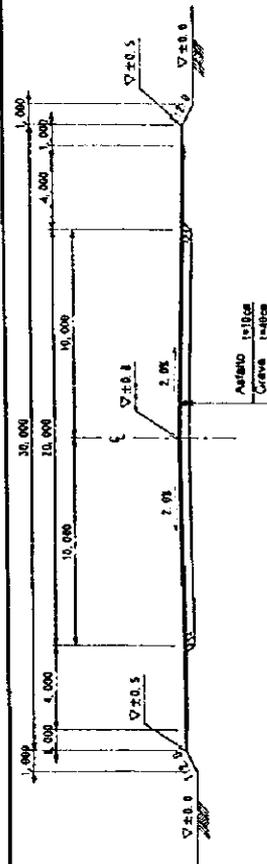
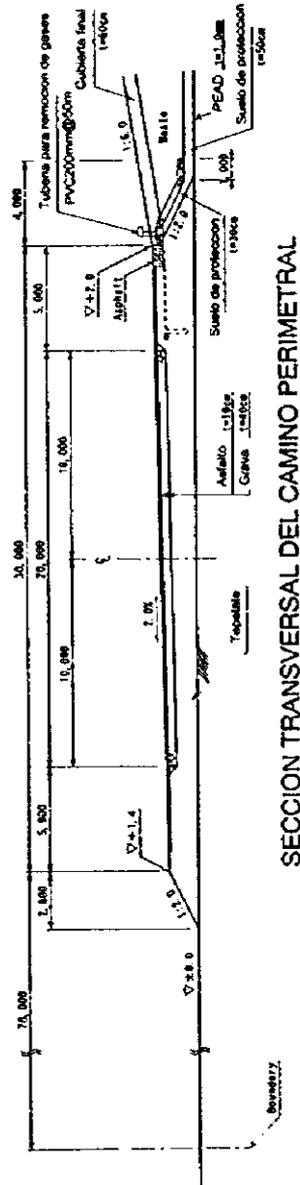


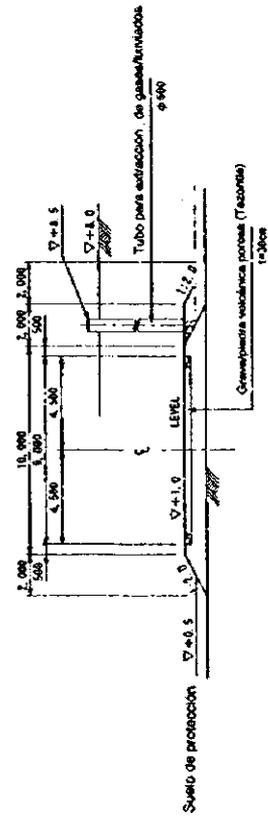
Figura 6-9: Sección Transversal



SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO DE ACCESO



SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO PERIMETRAL



SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO INTERNO

Figura 6-10: Sección Transversal de los Caminos

b.5 Estimación de Costos

En el Cuadro 6-20 y el Cuadro 6-21 se resumen los costos para el Desarrollo de un Nuevo relleno (Etapa V).

Cuadro 6-20: Resumen de los Costos para el Desarrollo de un Nuevo Relleno (Caso 1)

Unidad: US\$ 1,000

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con.(Rec.)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	41							41
2000		204						204
2001		162	4,068				231	4,461
2002				7,464		707	231	8,402
2003				7,224		707	231	8,162
2004				7,001		801	231	8,033
2005						13	231	244
2006						70	231	301
2007		139		3,915	2,777	720	231	7,782
2008				2,022		777	231	3,030
2009						13	231	244
2010						70	231	301
Total	41	505	4,068	27,626	2,777	3,878	2,310	41,205

- D/B: Diseño básico para construcción y equipo
D/D: Diseño detallado para la construcción y equipo. La cantidad incluye también los costos de supervisión.
Con.(i): Inversión inicial para la construcción
Con.(Rec.): Costo recurrente para la construcción
Equip.: Equipo para el relleno
O&M: Operación y mantenimiento
Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

Cuadro 6-21: Resumen de los Costos para el Desarrollo de un Nuevo Relleno (Caso 2)

Unidad: US\$ 1,000

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con.(Rec.)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	41							41
2000		204						204
2001		162	4,068				231	4,461
2002				7,464	901	598	231	9,194
2003				7,224	901	598	231	8,954
2004				7,001	901	692	231	8,825
2005						13	231	244
2006						70	231	301
2007				3,915	901	611	231	5,658
2008				2,022	901	668	231	3,822
2009						13	231	244
2010						70	231	301
Total	41	366	4,068	27,626	4,505	3,333	2,310	42,249

- D/B: Diseño básico para construcción y equipo
D/D: Diseño detallado para la construcción. La cantidad incluye también los costos de supervisión.
Con.(i): Inversión inicial para la construcción
Con.(Rec.): Costo recurrente para la construcción
Equip.: Equipo para el relleno
O&M: Operación y mantenimiento
Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

6.2.3 Costo de los Proyectos Prioritarios

Cuadro 6-22: Costo de los Proyectos Prioritarios, Caso de Operación Directa por la DGSU (Caso 1)

Unidad : US\$ 1,000

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total	
BP Etapa IV	D/B	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
	D/D & S/V	0	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	298	
	Construcción	0	7,902	2,164	0	0	0	1,883	1,874	0	0	1,773	1,528	17,124	
	Equipo	0	2,777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,777	
	O & M	Contratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Directa	0	0	728	111	21	111	728	818	21	111	728	818	4,195
	Tarifa por terreno	0	0	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	4,250
Total	33	10,977	3,317	536	446	536	3,036	3,117	446	536	2,926	2,771	28,677		
BP Etapa V	D/B	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
	D/D & S/V	0	204	162	0	0	0	0	0	139	0	0	0	505	
	Construcción	0	0	4,068	7,464	7,224	7,001	0	0	3,915	2,022	0	0	31,694	
	Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	2,777	0	0	0	2,777	
	O & M	Contratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Directa	0	0	0	707	707	801	13	70	720	777	13	70	3,878
	Tarifa por terreno	0	0	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	2,310
Total	41	204	4,461	8,402	8,162	8,033	244	301	7,782	3,030	244	301	41,205		
Total de relleno	74	11,181	7,778	8,938	8,608	8,569	3,280	3,418	8,228	3,566	3,170	3,072	69,882		
Compostaje	D/B	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	P/P	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	D/D & S/V	0	164	99	33	33	0	0	0	13	2	0	0	344	
	Construcción	0	0	2,376	551	551	0	0	0	0	0	0	0	3,478	
	Equipo	0	0	2,548	520	0	0	0	0	0	2,441	520	0	6,029	
	O & M	Contratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Directa	0	0	0	662	820	820	820	820	820	820	820	820	7,222
Tarifa por terreno	0	0	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	330		
Total	60	174	5,056	1,799	1,437	853	853	853	866	3,296	1,373	853	17,473		
Total	134	11,355	12,834	10,737	10,045	9,422	4,133	4,271	9,094	6,862	4,543	3,925	87,355		
Inversión Inicial															
BP Etapa-IV		33	10,977											11,010	
BP Etapa-V		41	204	4,230										4,475	
Compostaje		60	174	5,023	1,104	584								6,945	
Total		134	11,355	9,253	1,104	584								22,430	

D/B : diseño básico, D/D : diseño detallado, S/V : supervisión, P/P : proyecto piloto, O&M : operación y mantenimiento

Cuadro 6-23: Costo de los Proyectos Prioritarios, Caso de Contratación
(Caso 2)

Unidad: US\$ 1,000

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total	
BP Etapa IV	D/B	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
	D/D & S/V	0	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	298	
	Construcción	0	7,902	2,164	0	0	0	1,883	1,874	0	0	1,773	1,528	17,124	
	Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	O & M	Contratación	0	0	1,499	0	0	0	1,499	1,499	0	0	1,499	1,499	7,495
		Directa	0	0	21	111	21	111	21	111	21	111	21	111	660
	Tarifa por terreno	0	0	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	4,250
	Total	33	8,200	4,109	536	446	536	3,828	3,909	446	536	3,718	3,563	29,860	
BP Etapa V	D/B	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
	D/D & S/V	0	204	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	366	
	Construcción	0	0	4,068	7,464	7,224	7,001	0	0	3,915	2,022	0	0	31,694	
	Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	O & M	Contratación	0	0	0	1,499	1,499	1,499	0	0	1,499	1,499	0	0	7,495
		Directa	0	0	0	0	0	94	13	70	13	70	13	70	343
	Tarifa por terreno	0	0	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	2,310	
	Total	41	204	4,461	9,194	8,954	8,825	244	301	5,658	3,822	244	301	42,249	
Total de relleno	74	8,404	8,570	9,730	9,400	9,361	4,072	4,210	6,104	4,358	3,962	3,864	72,109		
Compostaje	D/B	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	P/P	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	D/D & S/V	0	164	99	33	33	0	0	0	13	2	0	0	344	
	Construcción	0	0	2,376	551	551	0	0	0	0	0	0	0	3,478	
	Equipo	0	0	1,250	177	0	0	0	0	1,142	177	0	0	2,746	
	O & M	Contratación	0	0	0	1,051	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	10,539
		Directa	0	0	0	101	124	124	124	124	124	124	124	124	1,093
	Tarifa por terreno	0	0	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	330	
Total	60	174	3,758	1,946	1,927	1,343	1,343	1,343	1,356	2,487	1,520	1,343	18,600		
Total	134	8,578	12,328	11,676	11,327	10,704	5,415	5,553	7,460	6,845	5,482	5,207	90,709		
Inversión Inicial															
BP Etapa-IV		33	8,200											8,233	
BP Etapa-V		41	204	4,230										4,475	
Compostaje		60	174	3,725	761	584								5,304	
Total		134	8,578	7,955	761	584								18,012	

D/B: diseño básico, D/D: diseño detallado, S/V: supervisión, P/P: proyecto piloto, O&M: operación y mantenimiento

6.3 Plan Institucional

6.3.1 Alternativas

6.3.1.1 El Relleno Sanitario (RS)

La ubicación del RS en el área del antiguo Lago de Texcoco es un tema sensible y está sujeto a restricciones y fiscalización de entidades federales y del GDF, además del Estado de México. El uso del área de propiedad de la CNA fue autorizado bajo compromiso del GDF de realizar obras, monitoreo y mantenimiento durante

largo plazo. La alternancia de uso de las áreas IV y V es una decisión técnica dictada por las características sensibles del suelo.

Por tal razón, la DGSU permanecerá en el sitio, por lo que le sería de poco interés concesionar a una empresa privada la construcción de infraestructura, operación y mantenimiento del RS, mientras que por otra parte le sería conveniente contratar esos servicios.

Las alternativas institucionales a analizar se reducen a tres:

- **RS.1 - Administración y operación directa del GDF a través de la DGSU.**
- **RS.2 - Administración directa de la DGSU y operación bajo contratos.**
- **RS.3 - Constituir una entidad paraestatal para administrar y operar el RS directamente o no.**

Debe advertirse que en cualquiera de las alternativas señaladas, las inversiones de los RS serán del GDF y que se efectuarán en la Fase I. Además, la elección de la alternativa de operación del RS empezará a funcionar a partir del año 2002 (Cuadro 6-39).

6.3.1.2 Planta de Compostaje (PC)

La inversión de la PC la efectuará el GDF en la Fase I. En cambio, la operación de la PC y la comercialización de la composta procesada se analizará y elegirá a partir de una de las opciones indicadas a continuación, y empezará a operar a partir del año 2002 (Cuadro 8-39):

- A1.** Operación directa por la DGSU
- A2.** Operación contratada por la DGSU
- B.** Paraestatal
- C.** Concesionada

Cuadro 6-24: Opciones para la Operación de la PC y los RS

	Fase 1 (1999-2001)	Fase 2 (2002-2004)	Fase 3 (2005-2010)	Después de 2010
Planta de Compostaje	Inversión por parte de DGSU Ia. Prioridad de Financiamiento	A1. Operación directa por DGSU, o A2. Operación contratada por DGSU. Análisis de cuatro opciones: A. Estado actual (DGSU), ya sea A1. o A2., B. Paraestatal y C. Concesión y preparación de B o C si se elige esta opción.	A1, A2, B o C.	A1, A2, B o C.
Relleno Sanitario	Inversión por parte de DGSU Ia. Prioridad de Financiamiento	RS1. Operación directa por DGSU, o RS2. Operación contratada por DGSU. Análisis de tres opciones: Estado actual (DGSU), ya sea RS1. o RS2. y RS3. Paraestatal y preparación de RS3 si se elige esta opción.	RS1, RS2 o RS3.	RS1, RS2 o RS3.

Nota: Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.

6.3.2 Conclusión

El GDF dispone de recursos financieros para invertir en los RS y en la PC, en el corto plazo requerido por el agotamiento del Área del RS/etapa IV. Eso le permite optar por las alternativas de administración directa o de paraestatal - en este caso, un organismo descentralizado asumiendo los RS y la PC sería lo recomendable. Pero el plazo y las dificultades para recorrer el camino político hacia los actos legales, presupuestales y administrativos para instituirse una paraestatal parecen indicar como más oportuna la administración directa de los RS y la PC.

Los aspectos negativos de la administración directa podrían ser atenuados por la contratación de las obras de infraestructura y de servicios de operación y de mantenimiento. Y se podrá evolucionar hacia alternativas, a través del tiempo, bajo evaluaciones previas - conforme está previsto en el Cuadro 5-7 del Plan Maestro.

6.4 Plan de Educación Pública

6.4.1 Programa de Educación Pública

En el Cuadro 6-25 se resume el Programa de Educación Pública a instrumentarse en el periodo 1999-2010.

Cuadro 6-25: Programación de Educación Pública

Fase 1 1999-2001	Fase 2 2002-2004	Fase 3 2005-2010	2011
<ul style="list-style-type: none"> • Constitución de la Unidad Ejecutora en el GDF • Preparación de los proyectos educativos con participación de las delegaciones • Información a la comunidad • Sensibilización y pláticas • Inicio de programa educativo para separación en la fuente en subsistema • Inicio del programa de capacitación del personal • Impulso a la educación ambiental en las escuelas primarias 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación intensiva para la separación en la fuente de material orgánico y reciclable, según plan establecido • Capacitación del personal • Impulso educación escolar • Educación para separación en la fuente de materiales reciclables en el sistema de las Delegaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Continuar programa de capacitación • Continuar educación separación en la fuente (sistema servido por las Delegaciones) • Proseguir etapa de mantenimiento de otros proyectos educativos • Evaluación intermedia (2005) • Reajuste intermedio del Programa 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación final (2011) • Reajuste al Programa de Educación Pública

6.4.2 Plan de Educación para Proyectos Prioritarios

En el Cuadro 6-26 se presenta el plan educativo para los proyectos prioritarios en el periodo 1999-2010.

Cuadro 6-26: Plan Educativo para Proyectos Prioritarios

Componentes Educativos		Fase 1 1999-2001	Fase 2 2002-2004	Fase 3 2005-2010
1. Planta de Compostaje				
1.1	Educación a los comerciantes de mercados para separación de residuos orgánicos en la fuente.			
1.2	Educación a los usuarios del Subsistema para separación de residuos de jardinería y material orgánico en la fuente.			
1.3	Educación a los usuarios de las Delegaciones para separación de residuos de jardinería en la fuente (Actividad sujeta a mayores demandas de la Planta de Compostaje).			
1.4	Educación al personal de Parques Públicos para preparación de poda de árboles y material orgánico para la entrega en la recolección.			
1.5	Capacitación al personal de recolección separada de material orgánico y personal de Planta de Compostaje sobre M.R.S., salud ocupacional y protección ambiental.			
2. Rellenos Sanitarios (IV y V Etapas)				
2.1	Educación al usuario del Subsistema sobre separación de residuos reciclables en la fuente.			
2.2	Educación al público servido por Delegaciones sobre separación de residuos reciclables en la fuente (50% de población en el año 2010).			
2.3	Capacitación al nuevo personal de recolección separada de reciclables, y de los rellenos sanitarios (IV y V) sobre MRS, salud y seguridad ocupacional, y protección ambiental.			
3. Impulsar la Educación Ambiental y Escolar				

 Etapa intensiva de educación
  Etapa de mantenimiento educativo