



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

POSGRADO DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA
PEQUEÑAS LOCALIDADES**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN INGENIERÍA

AMBIENTAL – RESIDUOS SÓLIDOS

P R E S E N T A:

I.Q. JESSICA MARGARITA DOMÍNGUEZ TORRES

TUTOR:

M.C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIAS

A Dios,

A Ti Señor, a Quien dedico humildemente mi trabajo y sueños alcanzados, que día con día me has acompañado a realizar. A Quien dedico humildemente mi felicidad, por llegar a este momento y poder ofrecértelo a ti y a toda la gente que amo, y poder poner un granito de arena para conservar este maravilloso espacio que nos has dejado admirar y proteger. Te agradezco con todo mi corazón y alma, el poder estar aquí y ahora, porque sin ti Señor, yo no sería nada ni nadie en este mundo.

A mis Padres,

Papi y Mami, les ofrezco con todo cariño este sueño que ustedes me han ayudado a alcanzar, porque con su ejemplo, de ser las personas mas maravillosas de este mundo, como ciudadanos, amigos y padres, me inspiran día a día a querer alcanzar ser tan siquiera un poquito como ustedes, con lo que me daría por satisfecha... Gracias por cuidarme, educarme, enseñarme, proveerme, animarme, apoyarme y sobretodo por Amarme! pues me siento muy feliz y agradecida con Dios por ser su hija y por tener a los padres mas buenos de este mundo. Espero poder siempre ofrecerles mis sueños y alegrías como hasta ahora, para lograr la felicidad mediante el trabajo y el amor juntos, como la bella familia que somos y me enorgullezco de pertenecer. Los adoro!!!

A mi Jaz,

Jaz, mi amor mi vida mi todo, te dedico este gran sueño con todo el amor que tu Jess es capaz de dar y que si supiéramos los límites de donde llega éste, hasta allá seguramente iría para dártelo, gracias por ser quien eres, por encontrarme y sobretodo por elegirme como tu compañera de vida, gracias por enseñarme a amar y ser feliz con plenitud... gracias por ayudarme a lograr este sueño junto a ti, pues los dos sabemos que existe siempre la oportunidad de realizar los sueños si estos se hacen por convicción, amor y respeto a la humanidad, a la vida y al Creador.

A mis Hermanos,

Alfre y Rena, a ustedes mis hermanos de cuna, mis hermanos de vida, mis amigos, les dedico ahora y siempre todos mis logros y en especial éste, el cual ustedes me han visto realizar con esmero y cariño, pues sin su compañía, consejos y apoyo me hubiera sido mas difícil la cuesta, espero que siempre sepan que los admiro mucho y los respeto aún mas por ser las grandes personas que son hasta ahora y les agradezco de todo corazón ser los mejores hermanos del mundo que uno pueda desear y querer.

A mis Cuñados y a sus Familias,

Dani y Lal, mis cuñados consentidos, les dedico con todo cariño este trabajo, pues para mi es un gran honor que ustedes y su familia sean nuestra familia, y como familia les quiero ofrecer mis logros y agradecer su apoyo para llegar hasta aquí, pues se que juntos vamos a construir una familia maravillosa que siempre estará muy orgullosa de cada uno de sus miembros.

A la Familia Domínguez y a la Familia Torres,

A mis Primos y Tíos, gracias a todos los de ustedes que por su gran cariño siempre han tenido para con sus hijos, hermanos, primos, sobrinos y nietos, y sobre todo por los que siempre han estado al pendiente de que sigamos juntos, sepan que nos hace muy felices que están logrando sus sueños para glorificar a sus seres queridos, espero que fortalezcamos día a día nuestros lazos y que sepan que esta obra se las dedico con todo cariño y respeto, como todos los sueños logrados, que me dan la gran dicha de poder compartir sus frutos con ustedes.

A la Familia López Pacheco

Gracias Sra. Noemí, Sr. Nicolás, Uri, Miri, Jahir y Abdiel por dejarme compartir este tiempo al lado suyo, pues desde que me abrieron las puertas de su hogar, he aprendido, valorado y vivido tantas cosas que atesoro en mi corazón. A ustedes les quiero ofrecer este trabajo, fruto de grandes esfuerzos que junto con Jaz, he y hemos logrado, para poder alcanzar los sueños, como fruto de nuestro trabajo y acciones, que día con día dedicamos a la familia y a todos nuestros seres queridos.

A mi abuelito Eugenio

Abue Consentido, te dedico este trabajo con todo cariño, gracias por todas las porras que me diste a lo largo de este tiempo y por enseñarme a disfrutar de la vida, a ver que en cada acción que hagamos la hagamos con gusto y buscar la felicidad día con día. Gracias por luchar y darnos una maravillosa familia.

A mi tío Richi

Richi, te dedico este trabajo con todo cariño, gracias por ser más que un tío, un hermano y amigo, pues nada más me hace feliz que mis logros sean los logros de mis seres queridos. Gracias por tus porras y ánimos por seguir adelante, me han ayudado mucho a querer terminar lo que empecé. Gracias por ser la persona que eres, y estar siempre al pendiente de nosotros, tu familia.

A los que ya no están y no pude compartir mis sueños aquí en la Tierra...

A mi Abuelito Alfredo, mi Abuelita Fije, a mis Abuelitos Gerardo y Jesusita... y a mi Amigo Eric.

A todos ustedes, les dedico la felicidad que me da el poder compartirles esta gran alegría de llegar hasta aquí, pues porque se que en algún lado están al pendiente de todos los seres que los extrañamos y queremos, porque se que ustedes están hoy aquí conmigo, escuchándome y alentándome a seguir adelante, y poder un poquito glorificar a mis seres queridos. Quiero que sepan, que los extraño muchísimo y que me hubiera encantado que estuvieran físicamente aquí para poder abrazarlos y decirles a cada uno, "esto lo hice por tí".

A mis amigos,

A ustedes superpoderosas, grupo atlaco y los hijos del buho: Paty, July, Ruth, Lili, Dianis, Gira, Nuria, Clau, Pau, Chabe, Raúl, Uriel, Cuaxospa, Carlos, Ociel, Isma, Cao, Sergio, Carlos, Pablo, Ofelia y Gaby. A todos ustedes gracias por querer seguir compartiendo esta gran amistad que ha trascendido tiempo y distancia, pues está hecha a base de mucho cariño, una gran hermandad, muy buenos recuerdos y muchas grandes vivencias compartidas y por compartir. Les dedico este trabajo con gran cariño, ustedes mis amigos... mi familia, pues no sería una felicidad completa si no la pudiera compartir con ustedes. Gracias por su amistad y por ser las maravillosas personas que son.

Alex y Lore, Memo, Arturo, Gus, Mauricio, Goyo, Lore, Paco, Victor, Juanita, Asael, Gina y Lili Torquia, les dedico este pequeño logro con mi mas sincero cariño, gracias por darme la oportunidad de su valiosa amistad, y le agradezco a la vida y a nuestra querida Facultad el habernos puesto en el mismo sendero; estoy segura de que este país estará muy orgulloso de tener a profesionistas tan valiosos como ustedes, pues ya lo son como personas y amigos.

Dulce Merari, Dulce Oliva, Cuquis, Isarian, Caro Beras, Andrea, Marcos, Caro Moreno, Alexis, Juan, Alex Guido, Nadja, Julio, Armando, Toño, Elda, Schere, Judith, Sharon, Ivannia, Clau Rivera, Fernando, Rodrigo y Rubén, a ustedes les dedico este trabajo con mucho cariño pues espero de alguna manera compartirles lo que estudié a lo largo de estos dos años, con la consigna personal de poder hacer de nuestro hábitat un espacio mejor para vivir, con el aporte de los logros personales de cada uno de los que así lo desean. Gracias por su invaluable amistad y por las vivencias que compartimos a lo largo de esta gran experiencia.

Patty, Violeta, Aslhey, Eric, Gisse, Alexandra y Reynaldo, Diby, Chun, Nena, Qazi, Gunnar, Uwe, Richi, Mat, Nadine, Gilad, Talea y Xuan. Gracias por la gran amistad brindada en Cottbus y mas allá de este lugar, pues fueron y son una familia que hizo una de las mas grandes experiencias vividas fuera de mi adorado país, y precisamente en Aquella gran nación germánica, que fue siempre para mí un sueño por realizar, por su admirable historia, cultura, tecnología y gente, y ahora un sueño alcanzado. Desde aquí les dedico este gran logro, en el que me dieron la inspiración por terminar las metas fijadas y seguir deseando contribuir en hacer de este mundo un espacio mejor.

Tenango, Elo, Miguelin y Soni, Cyn y Ale, Charly y Erica, Chucho García y Pao, Balmore, Rey, Cris, Ana, Isra, Alex Rojas, Eric y Moni, Clau Lilia y Edgar, Chuchin Vyeira, Laurita, Adrian, Saúl, Lalo Derbez, Fanny, Esme, Rita, Aldo, Javier, Braulio, Ricardo y Xóchitl, y Raúl Montalvo. Les dedico este trabajo con todo cariño pues se que les da gusto que cada uno de nosotros vayamos alcanzando nuestros sueños y sobre todo compartirlos como siempre, haciendo un gran equipo y fortaleciendo una gran amistad como siempre. Gracias por su amistad y por todo lo que me han enseñado a lo largo de este camino. Me da mucho gusto y me enorgullece aún más que nuestra amistad continuará siempre, y seguirá a pesar del tiempo y la distancia.

Carlos y Jesús, a mis amigos mas pacientes, pues se que aunque me he distanciado por tratar de sacar a flote este gran proyecto, ustedes siempre estarán ahí con una gran sonrisa, un gran comentario y una gran alegría por contagiar. Espero que sepan que los admiro mucho y estimo aún mas por las grandes personas que son, y que siempre me dará mucha alegría y orgullo de contar con sus valiosos consejos e invaluable amistad.

Gus, Beto, Arturo, Ale, Ivette, Daniela, Marco, Aldo y Dr. Zermeño, con quienes me he encariñado muchísimo en este proyecto de Proregiones, y a quienes admiro mucho por hacer de un Proyecto académico un Proyecto de vida, que pueda contribuir a mejorar el entorno de las poblaciones de nuestro gran país. A ustedes les dedico este trabajo como simbolo de mi admiración hacia ustedes y queriendo compartirles los frutos logrados durante esta gran experiencia académica y personal.

Angel Coyoy y a tu familia, *Amiga, que te puedo decir que no te haya dicho ya?, una vez más, aquí estoy compartiendo contigo y con tu familia (tus papas, tus hermanas, tu Adrian y tu Bebita) este gran sueño logrado, pues nada me hace mas feliz que el poder compartir esta felicidad con mis seres queridos. Gracias amiga por ser tan maravillosa persona y aún más por ser tan maravillosa mamá, profesionista e investigadora, sabes que te admiro mucho y que cuentas con mi amistad y apoyo por siempre.*

Clau Gildardo y a tu familia, *Clau, me causa una gran alegría el poder decir que nuestra amistad a trascendido mucho y pues que te agradezco muchísimo el confiar en nosotros tu mas Grande tesoro, y que aun no quepo de alegría de poder ser tu comadre, por ello mientras déjame a mi brindarte el mas reciente de mis sueños logrados, el cual fue posible al vivir grandes experiencias y tener el apoyo de ustedes, mis amigos y mi familia, y por ello te lo dedico a ti y a tu familia, con todo cariño.*

A mis nuevos sobrinos

Zaida y Jimena, Belito y Diego, Lalito y Cesarito, Betza, Ian y Fer, Oscarito, Johan, Vania, Raulito, Ian, Rubí, Bety Adriana, Israelito, Naolin, y por los que vienen en camino... *A ustedes niños hermosos, quienes ahora están formando parte de las nuevas generaciones y por quienes quisiera hacer de este mundo un espacio mejor, y en quienes creemos que cuidaran mejor de este mundo que nosotros.*

A mi ahijada

Jessi, *te dedico con todo cariño este trabajo, que espero alguna vez puedas leer, y darte cuenta de que en el tiempo en que tu venías a este mundo, lo descubriste y cumpliste un año ocho meses disfrutando al lado de tu mama y tu papa, abuelos y tíos, padrinos, que te queremos mucho, tu madrina andaba luchando por tratar de realizar uno de sus sueños mas anhelados en su vida profesional, y fortaleciendo aún mas la amistad con tus padres, espero poder algún día contarte como me fue y la grata experiencia que me dio hacerlo en compañía de todos mis seres queridos.*

A mi escuela

A mi querida UNAM, *especialmente a mi Facultad de Química, a la Facultad de Ingeniería y al Postgrado de Ingeniería, quien nuevamente me abrió sus puertas estos dos últimos años para seguir formándome profesionalmente y desarrollándome personalmente, al vivir gratas experiencias, descubriendo aún mas el mundo de la investigación, la tecnología, la academia y el desarrollo, conociendo gente admirable y fortaleciendo grandes amistades!!! Gooya, Gooya, Cachun cachun ra ra, Cachun cachun ra ra, Gooya... Universidad!!!*

A mi querido País,

A mi México, y a todas aquellas localidades pequeñas y no tan pequeñas *que todavía creen y desean tener un ambiente mejor para nuestras futuras generaciones y a Quienes les gustaría ver en vida que podemos habitar armoniosamente en El.*



AGRADECIMIENTOS

Agradezco al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo brindado a lo largo de esta trayectoria para continuar formándome académicamente.

Muy especialmente al **M.C. Constantino Gutiérrez Palacios**, quien durante estos dos años me ha transmitido el interés de superarme profesional, académica y personalmente para lograr los objetivos que me propongo, quien me ha transmitido su dedicación a la realización de los proyectos fijados y quien me ha apoyado incondicionalmente para la realización exitosa del presente trabajo. Gracias profesor por todo su tiempo y enseñanzas brindadas.

A la **M.A.I. Landy Ramírez Burgos** y a la **Dra Ma. Teresa Orta Ledesma**, miembros de mi Comité Tutoral, quienes me ayudaron enormemente en la realización de este proyecto, en el cual me asesoraron y apoyaron en todo momento para poder mejorar la calidad de fondo y forma del presente trabajo, y de quienes recibí consejos invaluable.

A la **Dra. Georgina Fernández Villagómez** y al **M.I. Gustavo Solórzano Ochoa**, quienes me brindaron su dedicación y apoyo, y aportaron valiosas observaciones para el mejoramiento de este proyecto, y así lograr los mejores resultados posibles en la realización del documento final del presente trabajo, y quienes con su calidad tan maravillosa de personas, me han incentivado en seguir forjando mi camino.

A la **Dra. Rina Aguirre Saldivar** le agradezco su apoyo brindado para iniciar este gran proyecto del cual siempre tuve el anhelo por realizar.

A los **Profesores** de quienes tuve la oportunidad de recibir sus conocimientos y experiencias, agradezco infinitamente toda su dedicación para formarnos e incentivarnos a desear profundizar mas en los temas enseñados.

A los **habitantes de Akumal**, principalmente a los **miembros del CEA**, a **Paul Sánchez** y a **Leticia Córdoba**, a los **habitantes de Aldea de los Reyes** y **El Paraíso**, quienes con el ideal de aprender y colaborar participaron entusiastamente en el estudio y encuestas, y a las **autoridades y personal de los Ayuntamientos de Amecameca de Juárez y Atoyac de Álvarez** por su gran apoyo para la realización del presente trabajo, a todos ustedes gracias.

Agradezco a la **Universidad Técnica de Brandeburgo de Cottbus, Alemania**, el haberme abierto sus puertas para participar en el Programa de Intercambio Académico, en el cual tuve la gran oportunidad de realizar una maravillosa e inolvidable experiencia, tanto en el ámbito académico como en el personal. Gracias maestros, compañeros y amigos!

Agradezco a todos los miembros que hicieron y siguen haciendo posible el desarrollo del **Programa de Maestría en Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México**, y que día con día se esfuerzan para poder brindarnos un espacio en el que podamos obtener los conocimientos y experiencias necesarios para obtener herramientas que nos ayuden a contribuir al desarrollo de nuestro país.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

Capítulo	Contenido	Página
	Resumen/Abstract	
	JURADO	
	DEDICATORIAS	ii
	AGRADECIMIENTOS	v
	INDICE GENERAL	vi
	INDICE DE TABLAS	ix
	INDICE DE FIGURAS	xi
Capítulo 1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	HIPÓTESIS	2
1.2	JUSTIFICACIÓN	2
1.2.1	Justificación del Tema	2
1.2.2	Justificación de los Casos de Estudio	3
1.3	OBJETIVOS	3
1.3.1	General	3
1.3.2	Particulares	3
1.4	ALCANCES	3
Capítulo 2	ANTECEDENTES	4
2.1	ORIGEN DE LA NECESIDAD DEL SMIRSM PARA PL	4
2.1.1	Concepto de RSM	4
2.1.2	Impacto Ambiental por el manejo inadecuado de RSM en PL	4
2.1.3	Concepto de SMIRSM	5
2.2	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DEL SMIRSM PARA PL	6
2.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS PEQUEÑAS LOCALIDADES	6
2.3.1	Definición de Pequeña Localidad	6
2.3.2	Características de Pequeñas Localidades	8
2.4	SISTEMAS DE MANEJO PROPUESTOS POR OTRAS ENTIDADES	9
2.4.1	Sistemas de manejo de RSM por entidades nacionales	9
2.4.2	Sistemas de manejo de RSM por entidades extranjeras	9
Capítulo 3	MARCO TEÓRICO	10
3.1	ALMACENAMIENTO	10
3.1.1	Antecedentes	10
3.1.2	Generalidades	10
3.1.3	Localización e Higiene de los contenedores	12
3.1.4	Almacenamiento in situ y ex situ	12
3.1.5	Separación in situ	12
3.1.6	Almacenamiento en Pequeñas Localidades	13
3.2	BARRIDO	13

3.2.1	Antecedentes	13
3.2.2	Generalidades	14
3.2.3	Equipo de Barrido	15
3.2.4	Metodología para trazar Rutas de Barrido	15
3.2.5	Factores que intervienen en la eficiencia	15
3.2.6	Barrido en Pequeñas Localidades	16
3.3	RECOLECCIÓN	16
3.3.1	Antecedentes	16
3.3.2	Generalidades	17
3.3.3	Vehículos recolectores	19
3.3.4	Accesibilidad de las vías para la recolección	19
3.3.5	Metodología para trazar rutas de recolección	20
3.3.6	Recolección en Pequeñas Localidades	20
3.4	REUSO Y RECICLAJE	20
3.4.1	Antecedentes	20
3.4.2	Generalidades	21
3.4.3	Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje	23
3.4.4	Reuso y reciclaje en Pequeñas Localidades	24
3.5	TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA	24
3.5.1	Antecedentes	24
3.5.2	Generalidades	24
3.5.3	Selección del tipo de estación de transferencia y vehículos	28
3.5.4	Ubicación y Dimensiones de la Estación de Transferencia	29
3.5.5	Transporte y Transferencia en Pequeñas Localidades	29
3.6	TRATAMIENTO	30
3.6.1	Antecedentes	30
3.6.2	Generalidades	30
3.6.3	Tratamientos de los materiales más comunes	33
3.6.4	Empresas que ofrecen tratamiento de materiales reciclables	36
3.7	DISPOSICIÓN FINAL	37
3.7.1	Antecedentes	37
3.7.2	Generalidades	37
3.7.3	Tipos de Rellenos Sanitarios	39
3.7.4	Características de los Rellenos Sanitarios	40
3.7.5	Clausura de tiraderos con o sin rehabilitación	41
3.7.6	Disposición Final en Pequeñas Localidades	42
3.8	MARCO JURÍDICO	43
Capítulo 4	SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA PEQUEÑAS LOCALIDADES	44
4.1	DESARROLLO DEL SMIRSM	44
4.2	ALMACENAMIENTO INTEGRAL	46
4.2.1	Concepto	46
4.2.2	Características del Almacenamiento Integral	46
4.2.3	Procedimiento para realizar el Almacenamiento Integral	49
4.2.4	Diagrama de Flujo para el Almacenamiento Integral	51
4.3	BARRIDO INTEGRAL	52
4.3.1	Concepto	52
4.3.2	Características del Barrido Integral	52

4.3.3	Procedimiento para realizar el Barrido Integral	53
4.3.4	Diagrama de Flujo para el Barrido Integral	56
4.4	RECOLECCIÓN INTEGRAL	57
4.4.1	Concepto	57
4.4.2	Características de la Recolección Integral	57
4.4.3	Procedimiento para realizar la Recolección Integral	60
4.4.4	Diagrama de Flujo para la Recolección Integral	64
4.5	REUSO Y RECICLAJE INTEGRAL	64
4.5.1	Concepto	64
4.5.2	Características del Reuso y Reciclaje Integral	65
4.5.3	Procedimiento para realizar el Reuso y Reciclaje Integral	67
4.5.4	Diagrama de Flujo para el Reuso y Reciclaje Integral	70
4.6	TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA INTEGRAL	71
4.6.1	Concepto	71
4.6.2	Características del Transporte y Transferencia Integral	71
4.6.3	Procedimiento para Realizar el Transporte y Transferencia Integral	72
4.6.4	Diagrama de Flujo para el Transporte y Transferencia Integral	77
4.7	TRATAMIENTO INTEGRAL	78
4.7.1	Concepto	78
4.7.2	Características de Tratamiento Integral	78
4.7.3	Procedimiento para realizar Tratamiento Integral	80
4.7.4	Diagrama de Flujo para el Tratamiento Integral	83
4.8	DISPOSICIÓN FINAL INTEGRAL	84
4.8.1	Concepto	84
4.8.2	Características de Disposición Final Integral	84
4.8.3	Procedimiento para realizar la Disposición Final Integral	86
4.8.4	Diagrama de Flujo para la Disposición Final Integral	90
Capítulo 5	APLICACIONES DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA PEQUEÑAS LOCALIDADES	91
5.1	ALTERNATIVAS PROPUESTAS	91
5.2	APLICACIÓN PARA ALDEA DE LOS REYES, ESTADO DE MÉXICO	91
5.2.1	Descripción de la población	91
5.2.2	Manejo actual de los RSM en la población	93
5.2.3	SMIRSM propuesto para Aldea de los Reyes	95
5.3	APLICACIÓN PARA AKUMAL, QUINTANA ROO	110
5.3.1	Descripción de la población	110
5.3.2	Manejo actual de los RSM en la población	111
5.3.3	SMIRSM propuesto para Akumal	113
5.4	APLICACIÓN PARA LA QUEBRADORA, GUERRERO	128
5.4.1	Descripción de la población	128
5.4.2	Manejo actual de los RSM en la población	130
5.4.3	SMIRSM propuesto para La Quebradora	131
5.5	DISCUSIÓN DE LAS TRES APLICACIONES	145
	CONCLUSIONES	147
	REFERENCIAS	150

ANEXOS		
ANEXO I	I. FACTORES FÍSICOS DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA	I
ANEXO II	II.1 TIPOS DE VEHÍCULOS RECOLECTORES Y SUS CARACTERÍSTICAS	III
	II.3 PRODUCTOS Y TÉCNICAS DE REUSO Y RECICLAJE	IV
	II.4 ESPECIFICACIONES DE COMPRA	V
	II.5 TIPOS DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA	VI
	II.6 EMPRESAS QUE BRINDAN TRATAMIENTO A MATERIALES RECICLABLES	VI
ANEXO III	III.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN EN ALDEA DE LOS REYES	VIII
	III.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN EN EL PARAÍSO	XII
ANEXO IV	IV. ARCHIVO FOTOGRÁFICO	XVII
ANEXO V	V. ELABORACIÓN DE COMPOSTA A NIVEL DOMICILIAR	XVIII
ANEXO VI	VI. DIMENSIONAMIENTO DE PILAS DE COMPOSTA	XXI
ANEXO VII	VII. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA DIAGNÓSTICO DEL RELLENO SANITARIO	XXIII
ANEXO VIII	VIII. METODOLOGÍA DE CLAUSURA DE UN TIRADERO A CIELO ABIERTO	XXVIII
ANEXO IX	XI. DISEÑO DE RELLENO SANITARIO MANUAL	XXIX

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Matriz de Clasificación de Pequeñas Localidades	7
Tabla 3.1.1 Tipos de almacenamiento contenido	11
Tabla 3.1.2 Tipos de separación en países americanos	13
Tabla 3.4.1 Código de identificación de plásticos	22
Tabla 3.4.2 Velocidades de recolección en vehículos típicos PL	26
Tabla 3.4.3 Área requerida para diseño de Estación de transferencia, según capacidad	29
Tabla 3.5.1 Clasificación de los tratamientos para RSM	31
Tabla 3.6.1 Composición de los lixiviados	39
Tabla 3.6.2 Clasificación de los rellenos sanitarios	39
Tabla 4.2.1 Subproductos de los residuos inorgánicos	47
Tabla 4.2.2(a) Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento	49
Tabla 4.2.2(b) Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento	50
Tabla 4.2.2(c) Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento	50
Tabla 4.2.3 Guía para seleccionar contenedor comercial adecuado	50
Tabla 4.4.1 Ventajas de los métodos de recolección en pequeñas localidades	57
Tabla 4.4.1 (cont.) Ventajas de los métodos de recolección en pequeñas localidades	58
Tabla 4.4.2 Ventajas de los vehículos de recolección en pequeñas localidades	58
Tabla 4.4.2 (cont.) Ventajas de los vehículos de recolección en pequeñas localidades	59
Tabla 4.4.3 Guía para selección del método de recolección	60
Tabla 4.4.3 (cont.) Guía para selección del método de recolección	61
Tabla 4.4.4 Cálculos para dimensionamiento del vehículo recolector	61
Tabla 4.4.5 Requerimientos para establecer las bases de convenios entre Generadores-Recolectores-Recicladores	62
Tabla 4.5.1 Materiales aprovechables provenientes de RSM	67
Tabla 4.5.2 Formas de reuso y reciclaje para materiales aprovechables de RSM	68
Tabla 4.5.3 Especificaciones de compra en Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje	69
Tabla 4.5.4 Matriz de selección de vía de comercialización de RSM	69
Tabla 4.5.5 Tipo de comercialización de acuerdo al método de recolección en la localidad	69
Tabla 4.5.5 (cont.) Tipo de comercialización de acuerdo al método de recolección en la localidad	70
Tabla 4.6.1 Relación de distancias y tiempos, con respecto a las velocidades de vehículos recolectores	73

Tabla 4.6.2 Cálculo de tiempo y combustible gastados para la transferencia de RSM	73
Tabla 4.6.3 Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM	74
Tabla 4.6.4 Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM	74
Tabla 4.6.4 (cont.) Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM	75
Tabla 4.7.1 Tipos de tratamientos de acuerdo de los RSM aprovechables	80
Tabla 4.7.1 (cont.) Tipos de tratamientos de acuerdo de los RSM aprovechables	81
Tabla 4.7.2 Tipo de almacenamiento para brindar tratamiento a los RSM	81
Tabla 4.8.1 Características con que deben cumplir los Rellenos Sanitarios de acuerdo a la Normatividad	87
Tabla 4.8.2 Controles ambientales en los rellenos sanitarios	89
Tabla 5.1.1 Matriz de PL a Aplicar la Metodología del SMIRSM propuesto	91
Tabla 5.2.1 Generación per cápita y poblacional en AdeLR	93
Tabla 5.2.2 Composición de los subproductos generados al día en AdeLR, Zona Sur del País y El Paraíso	93
Tabla 5.2.2 (cont.) Composición de los subproductos generados al día en AdeLR	94
Tabla 5.2.3 Capacidad de almacenamiento total privado para AdeLR	95
Tabla 5.2.4 Capacidad de almacenamiento privado por tipo de residuos para AdeLR	96
Tabla 5.2.5 Capacidad de almacenamiento total de contenedores públicos para AdeLR	96
Tabla 5.2.6 Capacidad de almacenamiento de contenedores públicos por tipo de residuos para AdeLR	96
Tabla 5.2.7 Número y capacidad de contenedores públicos por tipo de residuos para AdeLR	97
Tabla 5.2.8 Diseño de contenedores para AdeLR	97
Tabla 5.2.9 Contenedor comercial adecuado para AdeLR	98
Tabla 5.2.10 Designación del ejecutor de barrido de las calles para AdeLR	99
Tabla 5.2.11 Selección de sistema de recolección en AdeLR	100
Tabla 5.2.11 (cont.) Selección de sistema de recolección en AdeLR	101
Tabla 5.2.12 Dimensiones del vehículo recolector necesario para AdeLR	101
Tabla 5.2.13 Inventario de subproductos generados y reciclables en AdeLR	103
Tabla 5.2.14 Inventario de subproductos generados y reciclables en AdeLR	104
Tabla 5.2.15 Asignación de forma de reuso y reciclaje de RSM aprovechables en AdeLR, Akumal y La Quebradora	105
Tabla 5.2.16 Localidades factibles para comercializar los materiales aprovechables de AdeLR	106
Tabla 5.2.17 Tratamientos seleccionados para aprovechar RSM en AdeLR	107
Tabla 5.2.18 Capacidad de almacenamiento para compostaje en AdeLR	108
Tabla 5.3.1 Número de habitantes que conformaron Akumal hasta el año 2000	111
Tabla 5.3.2 Generación per cápita y poblacional en Akumal	112
Tabla 5.3.3 Capacidad de almacenamiento total privado para Akumal	114
Tabla 5.3.4 Capacidad de almacenamiento privado por tipo de residuos para Akumal	114
Tabla 5.3.5 Capacidad de almacenamiento total de contenedores públicos para Akumal	115
Tabla 5.3.6 Capacidad de almacenamiento de contenedores públicos por tipo de residuos para Akumal	115
Tabla 5.3.7 Número de contenedores públicos por tipo de residuos para Akumal	116
Tabla 5.3.8 Distribución de contenedores públicos por tipo de residuos para Akumal	116
Tabla 5.3.9 Designación del ejecutor de barrido de las calles para Akumal	117
Tabla 5.3.10 Dimensiones del vehículo recolector necesario para Akumal	119
Tabla 5.3.11 Viajes de vehículos por día de recolección en Akumal	119
Tabla 5.3.12 Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal	120
Tabla 5.3.12 (cont.) Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal	121
Tabla 5.3.13 Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal	121
Tabla 5.3.13 (cont.) Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal	122
Tabla 5.3.14 Localidades factibles para comercializar los materiales aprovechables de Akumal	123
Tabla 5.3.15 Tratamientos seleccionados para aprovechar RSM en Akumal	125
Tabla 5.3.16 Capacidad de almacenamiento para compostaje en Akumal	126

Tabla 5.4.1 Generación per cápita y poblacional en La Quebradora	130
Tabla 5.4.2 Capacidad de almacenamiento total privado para La Quebradora	131
Tabla 5.4.3 Capacidad de almacenamiento privado por tipo de residuos para La Quebradora	132
Tabla 5.4.4 Capacidad de almacenamiento total de contenedores públicos para La Quebradora	132
Tabla 5.4.5 Capacidad de almacenamiento de contenedores públicos por tipo de residuos para La Quebradora	132
Tabla 5.4.6 Diseño de contenedores públicos para La Quebradora	133
Tabla 5.4.7 Designación del ejecutor de barrido de las calles para La Quebradora	134
Tabla 5.4.8 Dimensiones del vehículo recolector necesario para La Quebradora	135
Tabla 5.4.9 Capacidad de recolección separada para La Quebradora	136
Tabla 5.4.10 Inventario de subproductos reciclables en La Quebradora	138
Tabla 5.4.11 Inventario de subproductos reciclables, generados en La Quebradora	139
Tabla 5.4.12 Localidades factibles para comercializar los materiales aprovechables de La Quebradora	141
Tabla 5.4.13 Tiempos de recorrido de una posible transferencia de RSM en La Quebradora	141
Tabla 5.4.14 Tratamientos seleccionados para aprovechar RSM en La Quebradora	142
Tabla 5.4.15 Capacidad de almacenamiento para compostaje en La Quebradora	142
Tabla 5.4.16 Cantidad y Capacidad de RSM demandada por La Quebradora para disposición final	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Tipos de impactos ambientales debidos al los RSM	5
Fig. 2.2 Distribución territorial de la población en localidades pequeñas	7
Fig. 3.1.1 Típicos contenedores para almacenamiento en PL	11
Fig. 3.3.1 Tipo de vehículo de recolección utilizado en el siglo XIX	16
Fig. 3.4.1 Tipos de vehículo y de sistema de transferencia para localidades de difícil acceso	29
Fig. 3.8.1 Jerarquía de la legislación mexicana en materia de residuos sólidos	43
Fig. 4.1 Diagrama de Flujo del sistema de manejo integral de RSM	44
Fig. 4.3.1 Metodología simplificada para trazado de macro y micro rutas de barrido	55
Fig. 4.4.6 Metodología simplificada para trazado de macro y micro rutas de recolección	63
Fig. 4.6.1 Actividades para el trazado de rutas de transferencia	75
Fig. 5.2.1 Ubicación de Amecameca	92
Fig. 5.2.2 Colindancias de AdeLR y Panorámica de AdeLR	92
Fig. 5.2.3 Porcentaje de Residuos Sólidos en AdeLR	93
Fig. 5.3.1 Ubicación de Solidaridad	110
Fig. 5.3.2 Colindancias de Akumal y Panorámica Akumal Pueblo	110
Fig. 5.3.3 Porcentaje de Residuos Sólidos en la Zona Sur del país	112
Fig. 5.3.4 Contenedores actuales proporcionados por el Ayuntamiento de Solidaridad	116
Fig. 5.4.1 Ubicación de Atoyac de Álvarez	129
Fig. 5.4.2 Colindancias de La Quebradora y Panorámica	129
Fig. 5.4.3 Porcentaje de Residuos Sólidos en El Paraíso	130



Resumen

En México se han desarrollado para grandes localidades, diversos planes, programas, guías, manuales, etc. orientados a mejorar algunas de las etapas que conforman el manejo de los residuos sólidos municipales (RSM), comúnmente conocidos como basura. Así, sus autores proponen disminuir los impactos ambientales generados por el inadecuado manejo de dichos residuos, siendo estos aprovechados mediante el reuso y el reciclaje. En las pequeñas localidades (PL), menores de 2,500 habitantes, difícilmente se encuentra una propuesta específica, que considere alternativas de acuerdo a sus características, necesidades e infraestructura. Por lo tanto, con base a la información mencionada, en el presente trabajo se propone un Sistema de Manejo Integral de RSM para PL, el cual sea sustentable y de implementación factible para su población. Para elaborar la propuesta, se requirió hacer diagnósticos del manejo actual de los RSM en tres PL de estudio (en los estados de México, Quintana Roo y Guerrero); en los cuales, para dos de ellas, se elaboraron los Estudios de Generación correspondientes. Se revisó la información de las propuestas antes mencionadas (Capítulo III); se organizó una guía técnica que incluye el concepto, las características, el procedimiento y el diagrama de flujo a seguir, para cada una de las etapas del manejo de los residuos (Capítulo 4); y se verificó la aplicabilidad a dichas localidades (Capítulo 5) para que los usuarios puedan conocer los procedimientos, cálculos y actividades necesarias para manejar adecuadamente sus RSM.

Abstract

In Mexico, several plans, programs, guides, handbooks, etc. have been developed, orientated to improve some of the steps which make possible the management of municipals solid waste (MSW), frequently called as trash. In this way, their authors propose to minimize the environmental impacts generated because of the inadequate waste management through recovery, reuse and recycling. For small localities (SL), less than 2,500 habitants, these proposals do not consider alternatives according to their characteristics, necessities and infrastructure. For this reason and based on what was mentioned above, in the present document a sustainable and feasible System of Integrated Management of MSW for SL was designed. To elaborate the proposal, diagnostics of actual MSW management was required. These studies were made through three SL cases in the states of Mexico, Quintana Roo and Guerrero; in which, for two of them, the correspondent Generation Studies were elaborated. The information contained in the mentioned proposals was reviewed (Chapter III); a technical guide including: concept, characteristics, procedure and flow diagram of each of the step of the solid wastes management were organized (Chapter IV); and the applicability of the proposed System was verified in the studied localities (Chapter V); these methodology, included procedures, calculus and all of the necessaries activities, can be followed by the responsible persons of the solid waste management.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de los RSM es uno de los principales problemas que afecta el entorno y la salud de las diferentes poblaciones del mundo, como en México. En 1995 la población urbana de América Latina y el Caribe producía diariamente alrededor de 240 mil toneladas de residuos sólidos, estimándose para el año 2000 que esta producción sobrepasaría las 300 mil toneladas. En la población total de México tan solo se cuantificó una generación de 35,383 mil toneladas de RSM de acuerdo a cifras publicadas en el año 2005 por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática del país (INEGI) basado en datos de la Secretaría de Desarrollo Social (INEGI, 2006). Siendo que para el año 2002, según la SEDESOL, se calculó aproximadamente la generación domiciliar per cápita de residuos sólidos, respectivamente, para zonas metropolitanas y ciudades medias, de 1.270 y 1.000 kg/hab-día, y para localidades pequeñas urbanas, semi-rurales y rurales, de 0.802 y 0.410 kg/hab-día (CMIA-GTZ, 2003).

La problemática de los residuos sólidos que se tiene en México, se debe principalmente al déficit en el servicio por parte de los municipios, debido en gran medida a la carencia de infraestructura para el mismo y a la limitada información y educación ambiental de los habitantes de las localidades de poblaciones grandes, medianas y pequeñas, así como por la forma de generar y disponer sus residuos sólidos. Inclusive las pequeñas localidades (PL), conformadas por menos de 2,500 habitantes y alejadas de las ciudades grandes, padecen en gran medida la deficiencia de los servicios correspondientes, aun más que las grandes urbes, debido en el mayor de los casos a su menor economía e infraestructura. Por ello, puede suponerse que el problema de los residuos sólidos es más agudo en las pequeñas localidades.

Varias de las causas que causan la inadecuada gestión de los residuos sólidos, pueden destacarse principalmente, según Arroyo en sus experiencias publicadas en el Instituto de Promoción de la Economía Social (IPES) de Perú (Arroyo, 1998):

- El crecimiento urbano acelerado, que desborda la capacidad de los municipios, para atender las progresivas demandas de servicios de la población.
- La mayor cantidad de residuos sólidos generados cada día.
- Las crisis económicas de los países y la reducción del gasto público, reducción que afecta con particular fuerza los presupuestos municipales.
- La dificultad estructural de los municipios para prestar éste y otros servicios adecuadamente, que se origina en la obsolescencia de los sistemas políticos que les dan soporte.
- Los costos generalmente elevados de los servicios respectivos, a lo que se agrega la inexistencia de sistemas adecuados de recolección de RSM.
- La actitud de indiferencia o menosprecio, de la población frente a esta problemática, a lo que se suma la falta de educación sanitaria y de participación comunitaria.

Algunos países, tales como México, Brasil, Chile, Colombia y Argentina, a semejanza de los países que están a la vanguardia con el Manejo Integral de los RSM como Alemania y Japón han llevado a cabo en las últimas décadas mecanismos y acciones de protección del ambiente, así como las medidas tomadas para la prevención de la contaminación, lo que determina en conjunto con otros sectores, el mantenimiento de la calidad ambiental. Por ejemplo, Brasil es uno de los países pioneros (con más de 30 años) en que ha institucionalizado el servicio de recolección de los RSM de su población y realizado un adecuado manejo integral de los mismos (Monreal, 1998). En México se cuenta con legislación a nivel federal que regula el manejo de los residuos, como es la Ley General de Prevención y Gestión de Residuos (LGPGIR) y es por ello que también se está fortaleciendo esta tendencia, principalmente en las grandes ciudades de algunos estados, como Aguascalientes, Yucatán, Nuevo León, Quintana Roo y Querétaro donde el problema del manejo de los residuos sólidos ha disminuido en gran medida con respecto a los demás estados del país. Inclusive en el Distrito Federal, en donde se concentra el 20% de la población, ya entró en vigor la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF), a partir del 6 de octubre del año 2004 (LRSDF, 2003), por lo cual se espera que en los próximos años, el manejo integral de los residuos sólidos sea más eficiente y que se minimicen los problemas que aun se tienen y sobretodo que se valoricen los residuos sólidos generados por la población. Se prevé que en el futuro, las experiencias exitosas que actualmente se están efectuando en ciertas localidades, se extiendan a otras ciudades y poblaciones pequeñas con menores recursos económicos pero que pueden adoptar los principios técnicos del manejo adecuado de los RSM.

Sin embargo se puede pronosticar que este proceso será extremadamente lento en las pequeñas localidades (con poblaciones menores de 2,500 habitantes), debido en gran parte a que los planes de manejo contemplan cierto tipo de infraestructura y presupuesto para poder resolver en gran medida el problema del manejo inadecuado de los residuos sólidos y la falta de valorización de los materiales que se desechan a diario;

y por otro lado a las características mismas que hacen diferenciar a las pequeñas localidades de las grandes localidades, tales como su actividades económicas principales y sus situaciones geográficas, políticas y culturales. Cabe mencionar que México está conformado de un gran porcentaje de estas localidades, pues se contaron poco más de 196 mil localidades en el censo poblacional más reciente (CONAPO, 2000).

Es un gran esfuerzo el que han realizado diversas organizaciones tanto públicas como privadas, para el desarrollo de planes estratégicos para resolver integral o parcialmente el problema que origina la disposición inadecuada de la "basura" en el país. Así mismo el crecimiento de empresas que han vislumbrado el beneficio económico que conlleva la valorización y comercialización de los materiales que comprenden los RSM, como los residuos de alimentos y de jardín, vidrio, papel, cartón, plásticos y metales, principalmente, han contribuido a que cierto porcentaje de estos materiales sean rescatados y reincorporados a la industria. Por tanto, si fuera posible reunir los esfuerzos de dichas organizaciones y empresas para que también enfoquen sus planes y proporcionen sus servicios, respectivamente, a las poblaciones de PL, podría acelerarse el proceso en el cual también dichas regiones puedan manejar adecuadamente sus residuos sólidos. De aquí deriva el presente trabajo, el cual estará comprometido a diseñar las pautas para poder ilustrar a las poblaciones de PL, que también son capaces de manejar sus propios residuos sólidos.

1.1 HIPÓTESIS

Es posible la planeación de un sistema de manejo integral de los RSM mediante un diseño apropiado para las PL, de acuerdo a sus características, aplicando sus propios recursos y capacidades.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La justificación del presente trabajo se explica en dos partes, una referente al tema y otra referente a los casos de estudio.

1.2.1 Justificación del Tema

En la mayoría de las PL de nuestro país no se cuenta con los servicios para el MRSMS ofrecidos por el municipio, como lo tienen las grandes ciudades, debido a que las condiciones que las caracterizan, no las hacen candidatas para tal servicio.

Prácticamente, en el país no se tiene una solución concreta para tales localidades, por lo que es necesaria la existencia de programas de manejo integral de residuos sólidos enfocados a sus necesidades. Por ejemplo, comúnmente el acceso a los domicilios se dificulta por que las calles son estrechas y no pavimentadas (terracera) por lo cual a un camión recolector se le dificulta el paso para proporcionar el servicio, por lo que se optaría por disponer los residuos sólidos en rellenos sanitarios manuales o tratamientos de los residuos orgánicos en la propia localidad o el uso de vehículos impulsados por animales o por el hombre como transporte recolector.

En países europeos, asiáticos y americanos se han implementado estrategias diversas para resolver el problema de los RSM generados por sus habitantes, sin embargo cada país propone la solución para las características específicas de sus poblaciones. Incluso en el país se desea atacar dicha problemática mediante metodologías propuestas por la normatividad regulada en materia ambiental por la Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT), por los autores que constantemente desarrollan investigaciones al respecto, tanto del Instituto Nacional de Ecología (INE), la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y de otras instituciones, y por la contratación de los servicios privados y públicos para el manejo de los residuos sólidos, pero enfocados a poblaciones con características de grandes localidades.

Hasta que las poblaciones de PL puedan ser tomadas en cuenta como las grandes localidades, éstas deben tratar de solucionar el problema de su basura mediante sus propios medios y de acuerdo a sus necesidades, involucrando la responsabilidad que tienen con ellos los gobiernos locales, municipales y estatales. Sin embargo requieren una metodología a seguir que les pueda guiar para realizar adecuadamente cada una de las actividades que se ven involucradas en el manejo de los residuos sólidos. Por lo cual el presente trabajo pretende proponer tal metodología que sirva de guía a PL para llevar a cabo el manejo adecuado de sus residuos sólidos generados, de manera económica y eficiente.

1.2.2 Justificación de los Casos de Estudio

Debido a que es necesario poner ejemplos de la aplicación de la metodología que se propone para el manejo integral de los RSM en PL, se escogieron tres localidades que representen las características típicas de las PL y que sirvan a la vez de casos de estudio para el presente trabajo; estas PL son:

- Aldea de los Reyes, en el Municipio de Amecameca del Estado de México.
- Akumal, en el Municipio de Solidaridad del Estado de Quintana Roo.
- La Quebradora, en el Municipio de Atoyac de Álvarez del Estado de Guerrero.

De las cuales se describirán sus características como pequeña localidad, su problemática actual de los residuos sólidos mediante el diagnóstico breve de su MRSM y se propondrán los pasos que se debieran seguir de acuerdo al procedimiento propuesto del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales para Pequeñas Localidades (SMIRSM para PL), el cual pueda ofrecer soluciones al inadecuado manejo de sus residuos generados.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo, el general y los particulares, se explican en dos partes que son descritos a continuación.

1.3.1 General

Diseñar un sistema de manejo integral de residuos sólidos municipales (SMIRSM) que sirva de guía para las pequeñas localidades (PL), el cual pueda ser sustentable y de implementación factible.

1.3.2 Particulares

- Investigar y analizar en la literatura, las experiencias, procedimientos, programas y planes propuestos de MRSM que sean factibles de implementación para PL.
- Obtener los datos más actuales de la generación de RSM en las tres PL, mediante estudios de generación o la recopilación de información vigente.
- Identificar los aspectos técnicos, económicos y sociales relacionados con el almacenamiento, barrido, reuso y reciclaje, recolección, transferencia y transporte, tratamiento y disposición final del MRSM en PL.
- Proponer el procedimiento que se adopte en diferentes tipos de PL para el manejo integral de los RSM.

1.4 ALCANCES

Los alcances del presente trabajo, delimitados por el tiempo y la profundidad del tema, así como por la implementación del mismo, se definen a continuación.

- Realizar el sistema de manera que se planteen las acciones más convenientes para PL, independientemente de las limitaciones que tengan esas localidades, con base a una gama de opciones reales a escoger, basadas en experiencias exitosas, para que también las PL tengan acceso a la información necesaria para dar solución al problema derivado de su inadecuado MRSM.
- Efectuar estudios de generación en por lo menos 2 de las 3 PL de estudio, con el fin de obtener datos actuales sobre la cantidad y tipo de RSM a manejar, y de esta manera proponer el tipo y cantidad de infraestructura y recursos humanos mínimos necesarios, para su aprovechamiento y adecuada disposición final.
- Proponer la metodología para que las PL manejen adecuadamente sus residuos sólidos generados, considerando los recursos humanos e infraestructura al alcance de la población.

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

2.1 ORIGEN DE LA NECESIDAD DEL SMIRSM PARA PL

El Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales (SMIRSM) para Pequeñas Localidades (PL) que se propone en el presente trabajo, está pensado para ser una guía que oriente a los habitantes de una pequeña localidad a manejar adecuadamente sus Residuos Sólidos Municipales (RSM). El origen de la necesidad de este sistema propuesto surge principalmente del impacto ambiental originado por el no aprovechamiento de los RSM en las PL y su consecuente disposición inadecuada. Para explicar la necesidad del SMIRSM para PL se describe a continuación que son los RSM, cuales son los impactos ambientales originados por los RSM en PL y qué se entiende por un SMIRSM.

2.1.1 Concepto de RSM

Un residuo sólido o residuo sólido urbano (RSU), como lo define la legislación de mayor jerarquía en materia de residuos en el país, la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), se define como "aquel material generado como residuo en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley como residuos de otra índole" (LGPGIR, 2003).

Los RSU generalmente son conocidos como basura o desechos, y se componen de todos aquellos restos de materiales, orgánicos, inorgánicos y sanitarios, que se generan de las distintas actividades productivas o domésticas, de la vida diaria de los habitantes de una población. Estos residuos se convierten en desechos cuando el generador los considera inútiles o simplemente no los desea y se desprende de ellos. Deben manejarse y disponerse en forma adecuada para evitar que sean causa de afectaciones negativas a la salud humana y al ambiente. Sin embargo, estos residuos tienen un valor económico intrínseco que permite, mediante la recuperación y selección de los subproductos que los componen, reincorporarlos a la sociedad a través de su aprovechamiento.

Comúnmente se suelen usar los términos residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos sólidos municipales (RSM) como sinónimos, pero en el presente trabajo, se utilizará el término residuos sólidos municipales, debido a que la población objeto de estudio son pequeñas localidades de carácter tanto urbano, como rural y semi-rural, utilizando RSM como un término de índole mas general.

2.1.2 Impacto Ambiental por el manejo inadecuado de RSM en PL

Las pequeñas localidades son una población potencial generadora de residuos sólidos municipales, quizá difieran en las tasas de generación y en la composición de éstos con respecto a los residuos generados por las grandes poblaciones. Sin embargo, los efectos ambientales negativos debido al inadecuado manejo son similares.

El impacto ambiental asociado a los RSM en PL se deriva de los problemas derivados del manejo inadecuado de estos, que puede ocasionar afectaciones a la salud humana, a la atmósfera, al suelo, a las aguas superficiales y aguas subterráneas, así como contaminación visual provocada por el deterioro estético de la zona y del paisaje natural de la región. Algunos de los efectos son los siguientes:

- El crecimiento de las pequeñas poblaciones, urbanas, rurales y semirurales, incide directamente sobre el suelo, tanto por la pérdida de tierras productivas como por la contaminación del suelo por RSM además de los residuos especiales y peligrosos; que tristemente son dispuestos sobre depresiones naturales del terreno (impacto sobre el suelo).
- La inadecuada disposición de residuos sólidos también provoca impacto ambiental en el agua, debido a los lixiviados generados por los montículos de residuos depositados en el suelo, los cuales pueden llegar a contaminar cuerpos de agua superficiales o subterráneas con plomo, cromo y mercurio principalmente (impacto al agua).
- Los malos olores resultantes de la biodegradación de los residuos orgánicos dispuestos al aire libre o en contenedores inadecuados, se deben al deficiente almacenamiento de los residuos sólidos, al poco cuidado en su recolección y transporte, y a la gestión ineficiente de la recuperación de materiales para reciclaje. Los gases emitidos en grandes concentraciones durante la combustión de los RSM, que son incendiados incidental o intencionalmente, afectan la calidad del aire y pueden inclusive provocar intoxicación a los seres vivos (impacto al aire).

- La falta de aseo, el desorden y la basura generan grandes problemas en las pequeñas localidades donde no tienen servicios de salud y de recolección de basura y desechos sólidos, lo que favorece la proliferación de roedores, insectos, aves de rapiña y otros animales como transmisores de enfermedades (impacto al paisaje).

En las siguientes fotografías de la Figura 2.1 se ilustran algunos de los impactos antes descritos. Debido a esta situación es que surge, la necesidad de realizar el SMIRSM para PL, en el cual es necesaria una metodología sobre el adecuado manejo de residuos sólidos municipales en las Pequeñas Localidades para ayudar a estas poblaciones a resolver los problemas de contaminación derivados de la inadecuada disposición de sus residuos y la falta del reaprovechamiento de éstos.

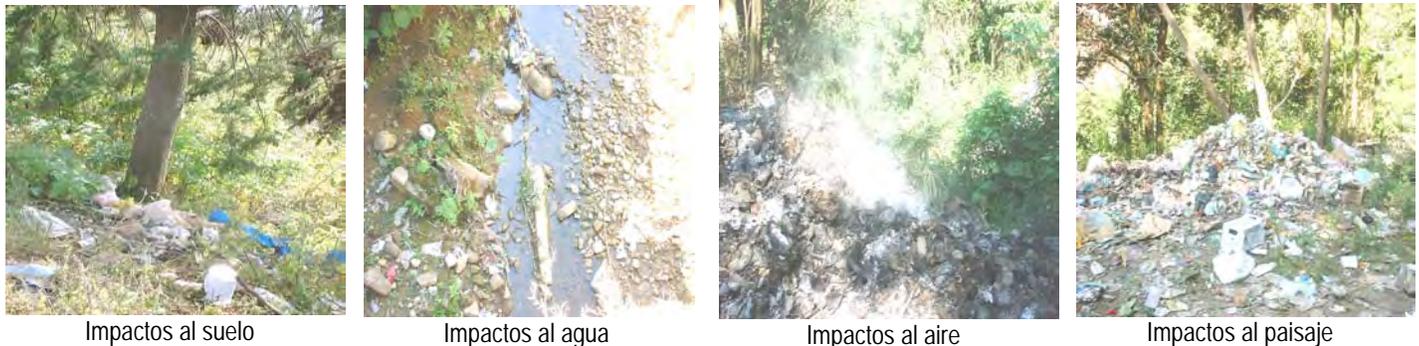


Fig. 2.1 Tipos de impactos ambientales debidos al los RSM

2.1.3 Concepto de SMIRSM

La legislación mexicana define el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales (MIRSM) como a todas aquellas "actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social" (LGPGIR, 2003).

En la literatura especializada del tema se indica que el manejo adecuado de los RSM corresponde a la elaboración o seguimiento de un sistema integral que incluya las siguientes 10 etapas o aspectos, descritos a continuación:

- **Generación**, acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo (LGPGIR, 2003).
- **Almacenamiento**, es la etapa del sistema para el manejo integral de los residuos sólidos en la cual se retienen temporalmente en forma contenida, higiénica y segura los residuos generados en las distintas fuentes.
- **Recolección**, acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final. Dentro de este se estudiara la Recolección selectiva o separada que es la acción de recolectar los residuos sólidos de manera separada en orgánicos, inorgánicos y de manejo especial.
- **Transporte**, acción de transportar los residuos, mediante un vehículo, desde el lugar de recolección, transferencia hasta la disposición final de estos residuos.
- **Reuso**, empleo de un material o residuo previamente usado, sin que se tenga que someter a un proceso de transformación para ser integrado nuevamente a la cadena de consumo.
- **Reciclaje**, la transformación de los materiales o subproductos contenidos en los residuos sólidos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico (LRSDF, 2003). Y Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos (LGPGIR, 2003).
- **Tratamiento**, procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad (LGPGIR, 2003).
- **Disposición Final**, acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (LGPGIR, 2003).

Las bases para un manejo integral de los residuos sólidos municipales como parte del desarrollo sostenible se establecieron en el Capítulo 21 de la Agenda 21, las cuales vislumbran la minimización de la producción de residuos, el reciclaje, la recolección y el tratamiento y disposición final adecuados. Se dice ahí también que cada país y cada ciudad establecerán sus programas para lograr lo anterior de acuerdo a sus condiciones locales y a sus capacidades económicas (United Nations, 2003).

El impacto ambiental provocado por los residuos sólidos municipales preocupa en gran medida a las naciones por diversos factores, entre ellos, el espacio que ocupan los tiraderos o rellenos sanitarios para confinar los RSM y el riesgo que se tiene de contaminar los mantos freáticos por la generación de lixiviados de los mismos. La actividad del manejo de residuos sólidos más adoptada en la actualidad es la disposición final (en rellenos sanitarios), sin embargo la tendencia es la reducción de origen, el reciclaje, la recuperación de energía y la evacuación de las tierras. Pero para ello se requiere adoptar normativas ambientales que impulsen a los municipios y a sus localidades a formar parte del manejo integral de sus residuos sólidos generados y que no impacten al medio ambiente y su entorno, de aquí la importancia del diseño de un Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales dirigido a Pequeñas Localidades.

2.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DEL SMIRSM PARA PL

El SMIRSM para PL se desarrolló en base a los modelos propuestos por una amplia variedad de entidades, principalmente mexicanas, tales como la SEMARNAT, SEDESOL y el INE, así como también de sus respectivas filiales estatales. El desarrollo de la metodología para la elaboración del sistema propuesto se basó principalmente en:

- El análisis de planes o programas de manejo de RSM en diversas localidades de nuestro país, y de América Latina y el Caribe (ALyC) principalmente, de las cuales en su mayoría fueron programas a nivel municipal y local, con el fin de tener experiencias exitosas como modelo a emplear en la guía.
- El diagnóstico (teórico y en campo) del manejo actual de los RSM en tres pequeñas localidades de tres diferentes estados del país, con el fin de obtener información real y actual sobre: la población y la localidad, caracterización de los subproductos generados, infraestructura utilizada para el manejo de los residuos y ambiente social, económico, político y cultural de PL.

A partir de la consulta de dicha información, se desarrolló el SMIRSM para PL con base en 4 elementos que se utilizaron a su vez para desarrollar una metodología de manejo de los residuos en cada una de las 9 etapas, como el almacenamiento, barrido, reuso y reciclaje, recolección, transporte y transferencia, tratamiento y disposición final. Los 4 elementos son: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, los cuales se detallarán más en el Capítulo IV. Con ello se pretende dar a cada etapa del manejo de los RSM cierta importancia y orden dentro de un Sistema, en el cual las 9 etapas se relacionan entre sí para tener el carácter de integral.

De esta manera se pretende también que, a pesar de las diversas características de las pequeñas localidades, se pueda dar solución a cada uno de los aspectos (etapas) del manejo de los RSM para su aprovechamiento y disposición adecuada, mediante una gama de opciones flexibles para que, en la diversidad de las características de las PL, se pueda dar solución de manera particular.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS PEQUEÑAS LOCALIDADES

Como la orientación de este trabajo es hacia las Pequeñas Localidades, es necesario definir las y resaltar sus características que se describen en los siguientes puntos.

2.3.1 Definición de Pequeña Localidad

En la literatura se puede encontrar que entre cada país, e incluso entre las diversas organizaciones de un mismo país, el tamaño de una localidad no es definido homogéneamente, es decir, éste se establece por el o los criterios seleccionados por quien realiza la definición, tales como: número de habitantes, área territorial, actividad socioeconómica predominante, características de una comunidad rural o características de una comunidad autónoma, etc. A continuación se presentan las definiciones de pequeñas localidades, de tres reconocidas organizaciones internacionales y nacionales:

Según la Organización Mundial de Naciones Unidas, ONU. De acuerdo a la ONU, "las características que diferencian a las zonas urbanas de las rurales difieren de un país a otro, la distinción entre la población urbana y la población rural no puede condensarse en una sola definición aplicable a todos los países. Así que las definiciones nacionales se usan principalmente para compilar estos datos. Las definiciones por lo general clasifican como urbanos los pueblos y ciudades que exceden en población por ejemplo, 1000 o 2000 habitantes" (Cyberschoolbus-UN, 2006).

Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. El INEGI menciona que “el número de habitantes que tiene una población determina si ésta es rural o urbana”. Y de acuerdo a esto define que “una población se considera rural cuando tiene menos de 2500 habitantes, mientras que la urbana es aquella donde viven más de 2500 personas” (Cuentame-INEGI, 2005).

Según la Consejo Nacional de Población, CONAPO. El CONAPO considera que una localidad pequeña está determinada por el tipo de población y su economía (rural, urbana o mixta) y que puede estar conformada por asentamientos con una población menor a 2,500 habitantes. Ya que caracteriza a las poblaciones de acuerdo a las distribuciones porcentuales, en la cual a las PL las clasifica entre localidades con menos de 2,500 habitantes, y por su ubicación en centros de población, en las inmediaciones de las ciudades, en aquellas que están alejadas de centros de población y ciudades, y las que están en completo aislamiento. De las cuales se puede observar la distribución de PL en el país hasta el año 2000 en la gráfica de la Figura 2.2 (CONAPO, 2000).

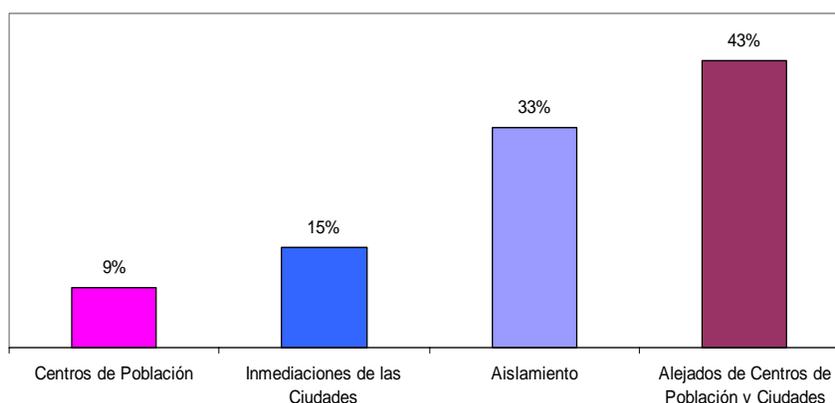


Fig. 2.2 Distribución territorial de la población en localidades pequeñas
(Gráfica adaptada de CONAPO, 2000)

Para los objetivos del presente trabajo se entenderá por Pequeña Localidad (PL) como “aquella área territorial conformada por un máximo de 2,500 habitantes y que normalmente carecen de los servicios comúnmente proporcionados por el gobierno municipal, tales como sistemas de agua potable y alcantarillado, limpieza y recolección de basura y alumbrado público, entre otros, y que pueden ser de características tanto urbanas, rurales como mixtas”.

A continuación se propone una matriz en la Tabla 2.1, usada en el presente trabajo, para clasificar las PL en la cual se puede observar que hay una amplia variedad de pequeñas localidades en función del tamaño de su población, de la actividad económica y de la clase socioeconómica predominante en la población, así como si cuenta, no cuenta o si es deficiente, el servicio proporcionado por el municipio para el manejo de los residuos sólidos municipales de la localidad.

Tabla 2.1 Matriz de Clasificación de Pequeñas Localidades

Tamaño de la Población	Actividad Económica			Clase Socioeconómica			Servicios proporcionados por el municipio para MRSM		
	Rural	Mixta	Urbana	Baja	Media	Alta	Si, bueno	Si, deficiente	No
> a 500 hab.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
500 a 1500 hab.	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500 a 2500 hab.	x	x	x	x	x	x	x	x	x



2.3.2 Características de Pequeñas Localidades

Las principales características que definen a las pequeñas localidades, en el presente trabajo, están definidas principalmente por: su actividad económica, factores sociales, económicos, políticos y culturales, los cuales se describen a continuación.

Actividad económica. Ocupación que realiza el hombre para satisfacer necesidades e intereses en el contexto de una economía determinada y de una civilización, éstas pueden ser: agrícolas, de minería, industriales y de servicio-comercio (Figueroa, R. 1995).

- **Producción y núcleos agrarios.** Es cuando la población es dueña de los recursos naturales que se localizan en el territorio y en sus manos se encuentra la protección del Suelo de Conservación y la viabilidad futura de la demarcación (Portal de Tlalpan, 2005). Por tal efecto la actividad se dedica a la compra y venta del territorio que una vez fue ejidal.
- **Producción forestal.** Comprende la extracción y recolección de todos los productos forestales que no implican un corte de árboles. Como la extracción de chicle, otras gomas, resinas y ceras naturales de los; o la recolección de frutos, flores, hongos, hierbas medicinales, carrizos, fibra de palma y otras materias forestales silvestres. Incluye la recolección de leña y producción de carbón vegetal, derivada de esa recolección.
- **Agricultura.** Conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por el hombre, destinados a cultivar la tierra y cuya finalidad es obtener productos vegetales (como verduras, frutos, granos y pastos) para la alimentación del ser humano y del ganado.
- **Ganadería.** Conjunto de actividades y conocimientos desarrollados por el hombre, destinados a la cría de ganado para su explotación y comercio.
- **Pesca.** Es el oficio y arte de la captura de peces y otras especies marinas para el consumo humano. También se puede realizar con ánimo recreativo y en tal caso considerarse un deporte.
- **Comercios:** Actividad que consiste en comercializar productos, como los establecimientos donde se venden productos o como el conjunto de las personas que comercian entre sí, especialmente si están organizados en gremios. Como por ejemplo: Abarrotes, Artículos deportivos, Consultorios, Estéticas y peluquerías, Loncherías y cocinas económicas, Misceláneas, Papelerías, Pollerías, Talleres mecánicos, Tortillerías, Venta de ropa, Zapaterías, etc.
- **Servicios:** Bien útil que presentan algunos establecimientos a cambio de un costo. Como los bancos y servicios financieros (casas de ahorro popular, etc.) y laboratorios, entre otros.
- **Industria:** Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. Como negocios de metalmecánica, fabricación de productos alimenticios, plásticos, aparatos y equipo electrónico, equipo médico, muebles, ropa, industria de la construcción, materiales para la construcción, materias primas, librerías y editoriales, hoteles, agencias de viajes, restaurantes, publicidad y artes gráficas, venta y renta de vehículos, paquetería y mensajería, artículos deportivos, consultorías, supermercados, purificadoras de agua, accesorios para autos, mantenimiento de equipo de cómputo, telefonía celular, refaccionarias, talleres mecánicos, veterinarios, servicios de mantenimiento del hogar, productos rurales, etc.

Situación Geográfica. Conjunto de los factores físicos y sociales que determinan la geografía de cada región, los cuales se pueden consultar en el Anexo I, donde se contemplan los factores físicos, como clima, suelo, hidrografía, ecosistema y relieves continentales y cada uno con sus respectivas clasificaciones.

Factores Sociales. Conjunto de características que describen a la sociedad, de acuerdo a su número de habitantes, tasa de desempleo población activa, tipo o tipos de habitación existentes número de viviendas habitadas, grado de analfabetismo, existencia de grupos y lenguas indígenas, grado de migración, servicios públicos: agua potable, alumbrado, drenaje, calles pavimentadas, vías de comunicación terrestre, fluvial y aérea e instituciones culturales (ver Anexo I).

Situación Política. La situación política de cada localidad también caracteriza una PL debido a que generalmente lo partidos políticos tienden a proteger y beneficiar a las localidades simpatizantes del mismo. Desgraciadamente en el país es más notorio en las localidades aisladas, las cuales generalmente no cuentan con el apoyo de sus gobiernos municipales.

Situación Cultural. La situación cultural de cada localidad caracteriza una PL debido a que sus intereses culturales puedan influir en el manejo de sus residuos, pues tienen otras prioridades o formas de apreciar las problemáticas ambientales.

Crecimiento de la Población. El patrón de distribución territorial de la población continúa siendo polarizado: por un lado, se mantiene una alta concentración de población en un número reducido de ciudades, y por el otro, presenta una gran dispersión de la población en miles de localidades pequeñas. Tan solo en el año 2000, la tercera parte de la población nacional se concentraba en nueve ciudades mayores de un millón de habitantes, mientras que en el otro extremo, la cuarta parte de los mexicanos habitaba en 196 mil localidades menores de 2,500 habitantes. Entre 1990 y 2000 la población urbana que habitaba en localidades mayores de 15 mil habitantes se incrementó de 46.6 a 59.4 millones, aumentando su participación de 57.4 a 61%. Para el mismo periodo, la población que vivía en localidades de transición rural-urbana (entre 2,500 y 14,999 habitantes) pasó de 11.2 millones a 13.3 millones; no obstante, su participación disminuyó de 13.9 a 13.7 por ciento. Finalmente, la población de las localidades pequeñas (menores de 2 500 habitantes) aumentó de 23.2 millones a 24.7 millones, presentando, al igual que el rango anterior, una disminución en su participación relativa, de 28.7 a 25.4 por ciento (INEGI, 2000).

2.4 SISTEMAS DE MANEJO PROPUESTOS POR OTRAS ENTIDADES

Sabiendo el origen de la necesidad de la conformación de un SMIRSM para PL, el desarrollo de dicho sistema y las características a identificar a una PL para poder aplicar el sistema a éstas como objeto de estudio, falta por mencionar dentro de este capítulo las fuentes de información para que esta guía fuera hecha posible. Por lo que a continuación se describen los principales Sistemas de Manejo propuestos por diversas entidades, ya sea en forma de guía, manual, plan, reglamento o reseña de alguna práctica exitosa, en cuanto al manejo de los residuos en determinada entidad, y en algunos casos ya inclusive implementados en las localidades para las cuales fueron elaboradas.

2.4.1 Sistemas de manejo de RSM por entidades nacionales

Bases Para Integrar Planes de Manejo de Residuos de Alimentos y de Jardinería (Cortinas-1, 2006).
Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el Manejo de Residuos Urbanos (CMIA-GTZ, 2003).
Ejemplos de Avances Logrados en México en la Implantación de una Gestión Sustentable de los Residuos (Cortinas, 2006).
Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales (SEMARNAT-Grupo MIRES, 2001).
Manual para el Manejo de Basura en Localidades de 100 Habitantes, Albergues y Campamentos (Sancho y Cervera-Et al, 2001).
Plan de Manejo de Residuos Sólidos dentro de las Dependencias Municipales (SEDESU-GEQ, 2005).
Plan de manejo de residuos sólidos dentro de las dependencias municipales de Querétaro (SEDESU-GEQ, 2005)
Políticas de Manejo de Desechos Sólidos Municipales en Áreas Naturales Protegidas de la Península de Baja California (INE, 2003).
Reglamento de Aseo Urbano del Municipio de Cuernavaca (Cuernavaca-GEMor, 2005).
Reglamento de Limpieza para el Municipio de Naucalpan De Juárez (Naucalpan-GEMex, 1990).

2.4.2 Sistemas de manejo de RSM por entidades extranjeras

Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe (ALyEC); ALyEC (Acurio-Et al, 1998).
Documento de Apoyo para la Preparación, Evaluación y Gestión de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales; Chile (ILPES, 1998).
Environmental Management of Urban Solid Wastes in Developing Countries, A Project Guide; EUA (Cointreau, 1982).
Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Cuba con un Enfoque al Municipio Minero de Moa; Cuba (Schleenstein, 2003)
Gestión de Residuos Sólidos; Brasil (Monreal, 1998).
Guía para el Manejo de los Residuos Sólidos en Ciudades Pequeñas y Zonas Rurales; Perú (Alegre, 1997)
How to Reduce Waste in Municipal Government: A Guide to Source Reduction; EUA (Cohen, 2005).
Municipal Solid Waste, Source Reduction: A Snapshot of State Initiatives; EUA (EPA, 1998).
National Source Reduction Characterization. Report for Municipal Solid Waste in the United States; EUA (EPA, 1999).
Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2004 – 2019 en Santiago de Cali; Colombia (Santiago de Cali, 2004).
Programa Córdoba Limpia; Argentina (Córdobaambiente, 1999).
Proyecto Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos; Argentina (Cooprogetti, 2006).

2.1	ORIGEN DE LA NECESIDAD DEL SMIRSM PARA PL.....	4
2.1.1	Concepto de RSM	4
2.1.2	Impacto Ambiental por el manejo inadecuado de RSM en PL.....	4
2.1.3	Concepto de SMIRSM.....	5
2.2	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DEL SMIRSM PARA PL.....	6
2.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS PEQUEÑAS LOCALIDADES.....	6
2.3.1	Definición de Pequeña Localidad	6
2.3.2	Características de Pequeñas Localidades	8
2.4	SISTEMAS DE MANEJO PROPUESTOS POR OTRAS ENTIDADES.....	9
2.4.1	Sistemas de manejo de RSM por entidades nacionales.....	9
2.4.2	Sistemas de manejo de RSM por entidades extranjeras	9
Índice de Tablas		
	Tabla 2.1 Matriz de Clasificación de Pequeñas Localidades	7
Índice de Figuras		
	Fig. 2.1 Tipos de impactos ambientales debidos al los RSM	5
	Fig. 2.2 Distribución territorial de la población en localidades pequeñas	7

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

A continuación se desarrollará el marco teórico en el que se basó la elaboración del SMIRSM para PL, el cual contiene la información encontrada en las referencias analizadas, tales como planes, programas, guías, manuales, reglamentos, legislación o reseña de alguna práctica exitosa. Dicha información se compiló de acuerdo a las 9 etapas del manejo de los RSM (de almacenamiento, barrido, reuso y reciclaje, recolección, transporte y transferencia, y disposición final), pues la mayoría de estas referencias mencionadas, no contemplan todas las etapas y solo dan prioridad a algunas (por ejemplo, a la recolección y disposición final). En cada etapa se describe un breve antecedente, las definiciones de algunas generalidades y como se desarrolla comúnmente en las PL. La información compilada como se presenta a continuación por cada etapa, tiene la finalidad de presentar las bases teóricas mínimas para el manejo de los RSM y resaltar como se desarrollan actualmente en las pequeñas localidades. Cabe mencionar que a lo largo de este documento se hace referencia a los temas que se pueden consultar dentro del mismo texto y son denotados entre corchetes “[]”, por ejemplo, [ver recolección] indica ver el tema 3.3 de este capítulo.

3.1 ALMACENAMIENTO

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL el almacenamiento.

3.1.1 Antecedentes

El hombre primitivo almacenaba la mayor cantidad de materiales recolectados (como cereales, carne, pieles e inclusive agua, para prevenir la escasez de comida y abrigo en época de sequía o frío, respectivamente). Con la evolución del hombre el almacenamiento se convirtió en una parte sustancial de su economía, pues los materiales recolectados, además del consumo propio, servían para el intercambio de bienes y más adelante para la compra y venta de los mismos mediante el intercambio de dinero. Pero como es sabido, existen ciertos materiales que no se podían comercializar, como son los residuos orgánicos. Ejemplo de esto se remonta en la edad media, en donde los materiales adquiridos para su consumo, tales como la amplia gama de alimentos, eran consumidos prácticamente en su totalidad, pero no los residuos como cáscaras, semillas, huesos, restos de comida, etc., los cuales eran guardados para sus animales de crianza (en almacenamiento no contenido).

Con el desarrollo tecnológico en los últimos siglos y principalmente los años posteriores a la segunda guerra mundial del siglo XX, la inventiva del hombre produjo una gran diversidad de productos para la gran diversidad de necesidades y exigencias del consumo humano. Tal fue el surgimiento de los materiales plásticos, de las aleaciones metálicas, de las combinaciones de fibras plásticas y textiles, de la coloración del vidrio, entre otros más. Sin embargo, estos materiales (clasificados actualmente como inorgánicos) después de ser utilizados, también reciben el destino de ser desechados como los materiales orgánicos. Actualmente los materiales, tanto orgánicos como inorgánicos, provenientes de los RSM se almacenan primordialmente para ser posteriormente recolectados y enviados a disposición final o a reciclaje. Dependiendo la manera en que se almacenen los materiales, estos se pueden contaminar en mayor o en menor grado. De aquí la importancia que se tiene el adecuado almacenamiento de estos residuos desde la fuente de generación.

3.1.2 Generalidades

El almacenamiento es la segunda etapa del sistema para el manejo integral de los residuos sólidos, pues prosigue de forma natural a la etapa de la generación de los RSM. Es la actividad en donde se retienen temporalmente los residuos sólidos generados, para su posterior recolección. Las condiciones apropiadas del almacenamiento deben ser de manera contenida, higiénica, segura y separada, para que tanto el generador como el recolector de los residuos, se vean beneficiados (Tchobanoglous, 1994).

Esta actividad es importante debido a que en el momento en que se generan los residuos no siempre es posible recolectarlos y disponerlos de manera continua [ver frecuencia de recolección]. Resulta obvio pensar que el generador de ninguna manera desea mantener consigo todos los residuos que genera, tanto por razones de salud e higiene como por razones de espacio y estética. Además, para quienes prestan el servicio de recolección, tanto público como privado, los costos de recolección se elevarían en gran medida.

En la bibliografía se puede observar que los factores que influyen para establecer el tiempo óptimo de almacenamiento son los siguientes: Área disponible, Biodegradabilidad, Frecuencia de recolección [ver recolección], Tipos de almacenamiento y Volumen.

3.1.2.1 Área disponible

La disponibilidad del espacio en el que se almacenarán los residuos sólidos está ligada a la higiene y estética del lugar donde se contendrán los residuos hasta antes de su recolección, ya sea el tipo de almacenamiento contenido (el que es delimitado por algún tipo de contención física, ej. un contenedor) o no contenido (el que es no es delimitado, ej. un rincón de un predio). Cuando se almacena "la basura" en las viviendas, generalmente se asigna un área para colocar los contenedores, para que cada habitante o inquilino sepa donde depositar sus desechos (cocina, baño, cuartos, estancias, patio, jardín, etc.). Cuando se trata de los lugares de almacenamiento público generalmente son espacios grandes, cercanos a mercados, parques y calles principales. En los dos casos, el área se delimita por el tamaño del contenedor (área asignada para el almacenamiento de los residuos), y cuando estos alcancen su nivel máximo de capacidad, cuando está lleno de residuos, se requiere vaciar para evitar el mal aspecto y la producción de malos olores y atracción de fauna nociva.

3.1.2.2 Biodegradabilidad

La biodegradabilidad de los residuos orgánicos (restos de alimentos, animales muertos, residuos sanitarios, residuos de jardín), es un factor determinante para la temporalidad del almacenamiento de los residuos, ya que cuando estos residuos comienzan a descomponerse por la acción de los microorganismos, se producen gases y líquidos con olores desagradables. En los almacenamientos no contenidos, durante la biodegradación de los residuos se producen lixiviados que pueden contaminar en gran medida el suelo y los cuerpos de agua más cercanos. Por lo cual no se recomienda almacenar por más de 3 días tales residuos, debido a la incubación de larvas de insectos que pueden fungir como fauna nociva.

3.1.2.3 Tipos de almacenamiento

El tipo de almacenamiento contenido se puede clasificar de acuerdo a las características que se muestran en la Tabla 3.1.1.

Tabla 3.1.1 Tipos de almacenamiento contenido

Característica	Tipo de almacenamiento contenido
Apertura	Abierto, semiabierto, cerrado.
Forma	Cuadrado, rectangular, cilíndrico, etc.
Material	Metálico, madera, tela, plástico, etc.
Flexibilidad	Rígidos y flexibles.

A continuación en la siguiente Figura 3.1.1 se muestran algunos tipos de contenedores para el almacenamiento contenido de residuos sólidos típicos utilizados en pequeñas localidades.



Fig. 3.1.1 Típicos contenedores para almacenamiento en PL

3.1.2.4 Volumen

El volumen de los residuos almacenados en un contenedor está sujeto a las dimensiones del recipiente, dependiendo de su forma geométrica y material. El adecuado almacenamiento en función del volumen del recipiente se dará siempre y cuando los residuos generados no sobrepasen la capacidad máxima del mismo. Cuando esto sucede, el recipiente se considera insuficiente y es necesario adquirir otro o varios más o cambiarlo por uno de mayor capacidad. Generalmente en el interior de las viviendas se encuentran recipientes de 10 a 20 L y en el exterior de la vivienda se pueden encontrar de mayores volúmenes, como por ejemplo el tradicional tambo de 200L y contenedores públicos de 1000L (1m³). Los tipos y las capacidades de los contenedores dependen de las características y del tipo de los residuos sólidos a almacenar, del tipo de sistema de recolección que se efectúa en la localidad, de la frecuencia de la recolección y del espacio disponible para poner los contenedores (Tchobanoglous, 1994).

3.1.3 Localización e Higiene de los contenedores

La localización de los contenedores depende de la ubicación del espacio disponible y de las condiciones de accesos y servicio. La colocación de los contenedores públicos debe ser acordada por los propietarios y el prestador del servicio de recolección pública o privada (Tchobanoglous, 1994). Generalmente los contenedores ubicados en el interior de las viviendas se colocan en esquinas o sitios en las habitaciones donde no obstruya el paso y lo más cercano a la fuente generadora. Comúnmente se ubican contenedores en las cocinas, en el baño, en las recamaras, etc. Los contenedores ubicados en el exterior de las viviendas (dentro o fuera del predio) es recomendable que contengan tapa para evitar la atracción de la fauna nociva y se ubican en un lugar discreto para cuidar el aspecto de la vivienda, pero lo suficientemente cercano para vigilar su integridad. La higiene de los contenedores se obtiene cuando se opta por el uso de contenedores con tapa hermética o ajustada, al lavar los contenedores y la zona de almacenamiento periódicamente, lo suficiente como para mantener limpio y salubre el área de almacenamiento. Es recomendable no almacenar materiales biodegradables por más de 3 días, pues a medida que pasa el tiempo mayor será la cantidad de microorganismos generados por la descomposición de los materiales y por consiguiente la emanación de olores desagradables y enfermedades.

3.1.4 Almacenamiento in situ y ex situ

Existen algunas diferencias entre el almacenamiento in situ, aquel que se refiere al que se realiza dentro de las casas-habitación, y el almacenamiento ex situ, aquel que se realiza fuera de éstas, como en contenedores públicos o el almacenamiento proporcionado por los centros de acopio generalmente. Como ya se había mencionado anteriormente los factores que se deben considerar en ambos almacenamientos son el área disponible, la biodegradabilidad de los residuos, la frecuencia de recolección, el volumen y el tipo de almacenamiento, específicamente el tipo de contenedor y su limpieza para asegurar la salud pública y estética.

3.1.5 Separación in situ

Es la acción de separar desde la fuente de generación los diversos subproductos generados, con la finalidad de mantener la integridad de los materiales de los productos consumidos para que su recuperación y aprovechamiento. Por ejemplo, al separar residuos orgánicos de los inorgánicos, como la comida del papel, se evita la contaminación de las fibras por absorción de lixiviados resultantes de la biodegradación de los orgánicos; dando así la oportunidad de que el reciclaje del papel sea más eficaz (se obtiene menor cantidad de papel reciclado con papel contaminado que con papel no contaminado, pues en el proceso se deben invertir mayores recursos para su descontaminación).

Generalmente los habitantes prefieren separar materiales fácilmente comercializables, como el papel, cartón, vidrio, plástico de PET y algunos metales como el aluminio y hierro, debido a que pueden obtener beneficios económicos como resultado de la venta de estos. Dicha actividad doméstica (la separación desde la fuente de generación) significa una contribución importante dentro de la red de recicladores de materiales, aunque a menor escala comparada con los volúmenes de las empresas recolectores de dichos materiales. Sin embargo los otros materiales en los que su comercialización no es fácil, debido a que se encuentran todavía dentro de un mercado pequeño de reciclaje o su compra-venta es poco redituable, no son cuidadosamente separados por los generadores y fácilmente son contaminados por otros residuos haciendo aún más difícil su recuperación. En la Tabla 3.1.2 se pueden observar los diferentes tipos de separación que proponen algunos autores de países diferentes.

Tabla 3.1.2 Tipos de separación en países americanos

País	Autores	Separación
Cuba	Schleenstein	Materia orgánica, papel y cartón, plásticos, metales, vidrio, trapos, huesos, escombros, cuero, otros (Schleenstein, 2003).
EUA	Henry y Heinke	Periódico y cartón, latas de aluminio, vidrio en general, residuos de alimentos (Henry, 1999).
EUA	Tchobanoglous, Theisen y Vigil	Orgánicos (residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, residuos de jardín, madera) e Inorgánicos (vidrio, lata de hojalata, aluminio, otros metales, suciedad/ceniza, etc.) (Tchobanoglous, 1994).
EUA	Nathanson	Papel y Cartón, plásticos, metales, comida, madera, vidrio, residuos de jardín, otros (Nathanson, 1997).
Latino América y Caribe	Acurio, Rossin, Teixeira y Zepeda.	Papel, Metal, Vidrio, Textiles, Plástico, Materias Orgánicas y otros (Acurio-Et al, 1997).
México	GDF	Orgánicos e Inorgánicos (LRSDF, 2003).

3.1.6 Almacenamiento en Pequeñas Localidades

En las pequeñas localidades el almacenamiento generalmente no se dimensiona ni planea de acuerdo a las necesidades de las casas habitación o de la población misma. Por lo que los contenedores suelen ser seleccionados al azar y de materiales poco resistentes o durables, como lo son las cajas de cartón, las bolsas de plástico y los costales. La separación de los residuos para brindarles un mayor aprovechamiento posible no es una práctica común. El almacenamiento no contenido generalmente se utiliza cuando los residuos de alimentos son destinados a los animales de crianza, o para materiales que se quieran ocupar en un momento posterior tales como madera, y envases de plásticos o vidrio.

3.2 BARRIDO

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL el barrido.

3.2.1 Antecedentes

El barrido de calles y espacios públicos es una práctica usual tanto en las localidades grandes como pequeñas, y el grado en que se encuentren limpias o sucias está ligado, por un lado al porcentaje de población educada que evita tirar sus residuos deliberadamente en las calles, y por otro lado, al porcentaje de la calidad del servicio que ejercen barrenderos pagados por el Ayuntamiento del municipio o independientes. Pero la mayoría de las veces, el servicio de barrido no se da el abasto para cubrir el barrido total de todas las calles y zonas públicas de una localidad. Dando prioridad solo a las vialidades y zonas públicas principales, sobre todo de las localidades que conformen la cabecera principal del mismo. Dejando como práctica ancestral que el barrido de las calles que pasan frente a los domicilios, sea realizado por los mismos habitantes de la localidad (Acurio-Etal, 1998).

En algunos estados del país, se exige a los ciudadanos, mediante los Reglamentos de limpieza de cada Municipio, a "...barrer y recolectar la basura que se acumule en las banquetas con frente al inmueble de su propiedad; así como de las guarniciones de las mismas banquetas hasta cincuenta centímetros del arroyo de las calles", "...los habitantes del municipio tienen la obligación de colaborar para mantener la limpieza en el territorio municipal, en los términos establecidos... e igual obligación tienen los visitantes del municipio." Así mismo indica que: "la Dirección de Servicios Públicos Municipales de las Delegaciones Administrativas será la encargada de mantener la limpieza y aplicar el Reglamento, dentro de la jurisdicción territorial de su municipio" (Naucalpan-GEMex, 1990). Por lo que el crédito de las calles limpias también lo tienen los mismos habitantes de las propiedades, que barren las aceras y calles que están frente a sus predios, generalmente el ama de casa o algún miembro de la familia, que se da la tarea de mantener limpia la calle de su casa, barriéndola con una frecuencia desde todos los días hasta una vez a la semana.



3.2.2 Generalidades

En la mayoría de los sistemas tradicionales del servicio de barrido público proporcionado por personal pagado por el ayuntamiento o por particulares, se ha observado que consiste de un grupo de personas (barrenderos) provistos de un contenedor móvil (carrito de la basura) y una escoba, para retirar los residuos dispuestos (deliberada o accidentalmente) en las calles. Cada una de estas personas tiene asignada una zona para barrer, entre estas: vialidades principales, plazas públicas, aceras, etc. Sobre todo en los centros de población, en donde existe mayor tránsito de personas y mayores actividades económicas, sociales y culturales, como escuelas, centros comerciales, parques o centros culturales, existe una persona asignada para mantener limpias las calles, libres de polvo, hojarasca de los árboles y residuos sólidos (Acurio-Et al, 1998).

3.2.2.1 Tipo de Barrido

El barrido de lugares públicos generalmente se hace manualmente; sin embargo, también puede realizarse de manera mecánica a través de barredoras y aspiradoras mecánicas, las cuales en su mayoría están destinadas a localidades grandes en cuanto a territorio y población, para hacer más eficiente el barrido, de lo contrario sería muy tardado y requeriría mayor personal para su realización. A continuación se describen brevemente los dos tipos de barrido convencionales: manual y mecánico.

3.2.2.1.1 Barrido manual

Se ejecuta con la actuación de un operario provisto de un carrito de barrido, una escoba, una pala, un recogedor y bolsas de plástico, el cual tiene asignado una zona del municipio en el que desarrolla las actividades de barrido de calles, áreas públicas, parques y jardines, vaciado de contenedores, etc. y se recomienda para cualquier tipo de áreas, sea pavimento, adoquín, empedrado o jardines, ya que remueve la basura, sin arrastrar la tierra. Cuando el servicio lo proporciona un servidor público o privado, entonces cada calle tiene asignado un operario para los turnos matutino, vespertino y nocturno, dependiendo de las características de la zona y frecuencia determinada.

3.2.2.1.2 Barrido mecánico

Consiste en la limpieza de determinadas zonas (aceras y calzadas) mediante la utilización de barredoras mecánicas, que van realizando un barrido de las zonas en cuestión por medio de los mecanismos que incorporan (cepillos giratorios, sistema de aspiración y humidificación). Son muy útiles para grandes áreas, siempre y cuando no haya problema de baches, calles estrechas y estacionamiento de vehículos. Cabe mencionar que el costo de adquisición y mantenimiento de este tipo de maquinaria es elevado, por lo cual antes de adquirirla se recomienda analizar su conveniencia, tomando en cuenta la necesidad y costo de la misma, además de que con el barrido manual se incrementa el empleo de la mano de obra.

3.2.2.2 Rutas de barrido

Otro elemento que es importante señalar para la realización adecuada de la limpieza de las calles, es la Ruta del barrido, que consiste en trazar en un plano de la localidad el recorrido que deben realizar los trabajadores del servicio del barrido para barrer eficientemente y de acuerdo a cierta metodología la totalidad de las calles de la localidad. En dicho plano se divide la localidad, en áreas en las que se identifiquen las calles y avenidas. Algunos elementos que ayudan al diseño de la Ruta de Barrido son: la velocidad de barrido, el lugar de estacionamiento de los carros y guarda de equipo, distancia a los lugares de depósito y Personal y equipo con que se cuenta

3.2.2.3 Horario y frecuencia de barrido

Las horas destinadas para realizar el barrido se escogen de acuerdo al itinerario del prestador del servicio o a la disponibilidad de los habitantes para realizar dicha acción, tomando en cuenta el tráfico de vehículos y peatones, por ello se recomienda llevarlo a cabo en las primeras horas de la mañana. En caso de que se disponga de un buen sistema de alumbrado público, el barrido podrá realizarse en la noche, pero sin olvidar que en el horario nocturno los gastos se duplican y se incrementa el costo del servicio.

La frecuencia del barrido será el número de veces en que se realice la actividad del barrido, puede ser semanal, diaria o varias veces al día, dependiendo la cantidad de residuos encontrados en las calles y zonas públicas en promedio; como lo efectuamos en nuestros hogares para mantener limpio y saludable el espacio en donde circulamos y habitamos. En las pequeñas localidades no se esperaría encontrar gran cantidad de residuos en las calles, por la cantidad de habitantes que la conforman, sin embargo entre mayor sea el periodo de barrido mayor será la cantidad acumulada de residuos en las calles, tanto residuos naturales como no naturales.



3.2.2.4 Eficiencia del personal

La eficiencia con que se efectúe el barrido estará determinada por la cantidad de residuos que pueda recolectar el personal asignado para mantener limpias las calles de la localidad, cumpliendo con su ruta, en el horario y frecuencia asignados y usando adecuadamente el equipo, que será su herramienta de apoyo principal. Principalmente la eficiencia de su trabajo estará asociada con:

- su habilidad para barrer y recolectar los residuos de las rutas que se le asignen dentro de los horarios establecidos,
- el esfuerzo o voluntad que tenga para hacer sus labores diarias,
- la consistencia con que realice sus actividades de manera ordenada y en los tiempos establecidos.
- los errores y vicios que realice durante el barrido de las vías públicas, tales como: Incumplimiento con su horario de trabajo, barrer calles no asignadas a su ruta, sobrellenar el carrito asignado haciendo más lento su desplazamiento, las demoras personales o ajenas a el, que no sepa administrar adecuadamente, entre otros.

Normalmente se estima que la eficiencia del barrido manual es alrededor de 1 a 3 km/obrero-jornada a diferencia de la eficiencia del barrido mecánico que se estima de 15 a 40 km/máquina-jornada.

3.2.3 Equipo de Barrido

El equipo de barrido, será la herramienta de trabajo para efectuar el barrido de las calles, que utilice el prestador del servicio (habitante de la localidad o barrendero), estos podrán auxiliarse de escobas, palas, recogedores, etc., pero el principal equipo para el barrido manual son los recogedores y carritos de barrido, respectivamente, y los contenedores en donde dispondrán los residuos para ser recolectados por el servicio de recolección de los residuos [ver Recolección].

El equipo tradicional en el país usado para el barrido manual, son los "carritos de la basura", el cual consiste de un contenedor de 200 L aproximadamente montado sobre ruedas para que pueda ser desplazado y provisto de un volante para que pueda ser conducido por el barrendero. Estos carritos son elaborados de manera informal, es decir, no son manufacturados por una empresa en específico, pero normalmente en los talleres del Municipio se manufacturan para proporcionar el servicio público. Es el modelo más común para la contención de los residuos barridos y recolectados en las calles. Son manejados por el personal de barrido de las vías públicas, el cual tras barrer minuciosamente las calles, con una escoba, amontona los residuos barridos de una determinada longitud de la calle, para después recogerlos y depositarlos en el contenedor del carro (Acurio-Et al, 1998).

3.2.4 Metodología para trazar Rutas de Barrido

Para poder realizar un barrido eficiente y adecuado de las calles, se recomienda realizar un barrido con un horario, frecuencia, equipo, tipo de barrido, eficiencia del personal y rutas de barrido determinados. Las rutas de barrido diseñadas adecuadamente, servirán para definir el itinerario y recorrido con que debe cumplir el barrendero o prestador del servicio del barrido, para poder mantener un alto nivel de limpieza de las vialidades. A semejanza del trazado de Rutas de Recolección, se trazan las Rutas de Barrido, con sus obligadas diferencias, tomando en cuenta los algunos factores para poder atender todas las calles y áreas en donde se requiera realizar el barrido, tales como: tipo de calles y avenidas. Ej.: asfalto, adoquín, empedrado o terracería, estaciones del año. Ej.: En otoño es cuando hay más hojarasca en las calles y en verano, más tierra y polvo, por la lluvia, fechas conmemorativas y eventos públicos. Ej.: 15 de Agosto día de la Asunción, fiesta patronal de Amecameca, en la cual se originan grandes cantidades de basura, etc. (CMIA-GTZ, 2003).

3.2.5 Factores que intervienen en la eficiencia

Algunos de los factores que intervienen en la eficiencia del barrido de las calles, ya sea efectuado por los propios habitantes de la localidad o por los barrenderos, son el tipo de localidad, el tipo de calles y avenidas, y el clima característico de la región.

- Tipo de localidad (urbana, rural o mixta). Las urbanas, tienden a consumir mayores productos inorgánicos y sus vías de acceso son pavimentadas o de terracería, estas pueden barrerse con escoba o inclusive con barredora mecánica (cuando está cerca de las cabeceras municipales o existe economía suficiente para sufragar sus costos). Las rurales, tienden a consumir mayores productos orgánicos y sus vías de acceso veredas y de tierra suelta, solo pueden barrerse con escoba y en algunos casos no podrán entrar los carritos de la basura y se tiene que acarrear recipientes tirados por animales o recipientes cargados por el propio barrendero. Las zonas mixtas se puede hacer una combinación de las herramientas para poder dar el servicio, lo cual influenciará en el sistema de barrido y por tanto en su eficiencia.

- Tipos de calles y avenidas. Dependiendo del tipo de vialidad (carreteras, caminos y calles) por donde se desee que circule el vehículo del equipo de barrido haga su recorrido este se hará con mayor o menor velocidad, pues en el caso del carrito de la basura, no podrá acceder tan fácilmente a los sitios cuyo suelo este muy accidentado, y en el caso de las barredoras mecánicas.
- Tipo de clima característico. Cuando existen fuertes precipitaciones pluviales, como en primavera y verano, las calles suelen estar mojadas y en algunos casos inundarse, por lo que es difícil el barrido eficiente de las calles. En el caso de temporadas de mucho viento, como el otoño, se generan grandes cantidades de residuos como hojas secas y polvo. En el caso de temporada de heladas o nevadas, como en el invierno, se dificulta aún más el servicio, pues las calles se vuelven muy resbaladizas y los residuos se adhieren a la superficie del suelo por la humedad del ambiente, haciendo más lenta la recolección de los residuos.

3.2.6 Barrido en Pequeñas Localidades

Generalmente, se efectúa el barrido de las calles públicas luego de llevarse a cabo en la localidad eventos especiales como ferias, festividades, asambleas o reuniones del pueblo, etc. En esos casos, se emplean las herramientas necesarias (escobas, recogedores y carritos de la basura) y el vehículo de recolección (cuando los hay) de manera tal que los residuos permanezcan el menor tiempo posible en las calles y espacios públicos (Alegre, 1997). En la mayoría de las PL, donde no se cuenta con el servicio de recolección por parte del municipio, no se esperaría que también se contara con el servicio de barrido de las calles. Sin embargo en el país, existen localidades que cuentan con el servicio prestado por barrenderos independiente y cuyo trabajo solo es remunerado económicamente por las propinas recibidas de los habitantes de la localidad y de la venta de los residuos separados que logran recolectar, principalmente de cartón, vidrio, envases de PET y latas de aluminio) (Comunicación oral con el jefe del departamento de limpia de Amecameca, 2004).

El equipo que ayude al barrendero o personal de limpia para barrer las calles, agilizará el proceso de barrido de las calles. Generalmente las barredoras mecánicas se utilizan para barrer grandes tramos de vialidades y con alto nivel de ensuciamiento. El barrendero provisto de su carrito y escoba es suficiente para atender las necesidades de las localidades pequeñas, pues a menor cantidad de población menor generación de residuos en la misma.

3.3 RECOLECCIÓN

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL la recolección.

3.3.1 Antecedentes

La existencia de los diferentes sistemas de recolección de los residuos domiciliarios ha tenido una evolución al transcurrir de los siglos, debido al constante crecimiento y a las diversas organizaciones que han sufrido las poblaciones. En México a semejanza de los países europeos, orientales y otros americanos, se hizo necesaria la implementación del sistema de recolección como un servicio prestado por el gobierno de cada localidad. En la Ciudad de México, la Dirección General de Servicios Urbanos, tiene datos hemerográficos en los cuales se tiene registrado que desde el siglo XVIII se había reglamentado la utilización de los carros movidos por mulas, para realizar la recolección domiciliaria e inclusive se habla de la necesidad del trazado lógico de las rutas de recolección (Sánchez, 2003). Para el año de 1854 se contaban con 28 carros de limpia y la recolección de los residuos se iba conociendo como el Servicio de Limpia como los mostrados en la fotografía de la Figura 3.2.1.



Fig. 3.3.1 Tipo de vehículo de recolección utilizado en el siglo XIX
(Sánchez, 2003)



Ya para principios del siglo XX, el servicio se realizaba a través de un grupo de trabajadores que instituían la Comisión de Limpia. En 1934, se creó el Sindicato de Limpia y Transportes y en 1941, se promulgó el Reglamento de Limpia del Distrito Federal (Sánchez, 2003), el cual su versión más vigente es la de 1989, de acuerdo a la Asamblea Legislativa del Distrito Federal III Legislatura (ALDF, 2006). Esta breve reseña, de lo que se vivía en la capital, refleja también lo que se vivía en los demás estados de la República Mexicana, y paulatinamente cada Municipio reestructuraba el Servicio de Limpia que prestaba a sus habitantes mediante su propio Reglamento (Sánchez, 2003). En grandes ciudades cuyas actividades primordiales son la Industria o el Turismo, han dado gran resultado los Sistemas de Recolección proporcionados por la iniciativa privada, tal es el caso de Los Mochis, Torreón, Puebla y Monterrey, con la empresa PASA (Promotora Ambiental S.A.) o Aguascalientes con la concesionaria Ecorent.

3.3.2 Generalidades

La recolección de los residuos sólidos municipales consiste en que el generador entregue al recolector sus residuos almacenados - en los contenedores privados (de las viviendas) o públicos (de las calles) - los cuales serán depositados o desplazados temporalmente en los vehículos recolectores, que llevarán los residuos a su destino próximo (a centros de acopio, a estaciones de transferencia, a tratamiento o a disposición final). A continuación se describen generalmente los métodos de recolección, sistemas de carga y descarga de los residuos al vehículo recolector, la frecuencia de recolección, las rutas de recolección el equipo y personal, así como la eficiencia de recolección.

3.3.2.1 Métodos de recolección

Las maneras en que el generador y el recolector interactúan para efectuar la recolección de los residuos se lleva a cabo mediante alguno de los siguientes tres métodos (Cerrón, 2000):

- **Recolección en Parada Fija.** El recolector fija el horario y el lugar de recolección de los residuos, de acuerdo a la ruta seleccionada para efectuar su actividad. Este método es el más tradicional en la mayoría de las localidades pequeñas del país, en el que el vehículo recolector se estaciona en el lugar acordado (generalmente es una esquina, el centro de una calle, etc.), un trabajador del servicio de recolección hace sonar una campana para avisar que los generadores pueden ir a entregar sus residuos en el lugar acordado, y finalmente los generadores van al lugar donde se encuentra el vehículo, hacen una fila para esperar su turno y entregan sus residuos contenidos en bolsas de plástico o un bote, el cual solo se entrega para ser vaciado y el recolector se lo regresa.
- **Recolección en Acera.** El generador coloca sus residuos fuera de su vivienda, en un lugar visible y contenidos en una bolsa, costal o en el propio recipiente de almacenamiento (bote de la basura), y el recolector los toma para depositarlos mientras el vehículo se encuentra en movimiento. Este método no es muy utilizado pues se requiere mayor personal para el levantamiento de todas las bolsas de casa en casa, y el vehículo consume mayor cantidad de combustible por estar en constante movimiento.
- **Recolección por Contenedor.** El generador coloca sus residuos en el contenedor público, que se localiza en un lugar céntrico de todas las casas que pueden depositar sus residuos en él, como una calle principal, el patio trasero de la escuela, mercado, etc.; posteriormente el empleado de limpia colecta los residuos que se encuentran dentro del contenedor, ya sea por vaciado de los mismos o por remolque del contenedor. Este método es comúnmente usado cuando la mayoría de la gente no coincide con el horario del recolector y cuando se cuenta con un vehículo equipado para el vaciado mecánico o remolque del contenedor, o se cuenta con suficiente personal para el vaciado manual del mismo. También cuando la topografía del lugar impide acceder a los lugares altos, se colocan contenedores en las partes bajas.
- **Recolección intradomiciliaria.** El recolector tiene el libre acceso a los patios de las casas-habitación, edificios, escuelas, etc. para recoger el mismo los residuos contenidos en los botes de basura o contenedores. Es muy útil debido a las mismas características del método de recolección por contenedores. La diferencia con el método anterior, es que los contenedores no se encuentran en la vía pública, sino dentro de los predios de los generadores.

Cualquiera de los cuatro métodos se puede realizar a su vez de tres formas distintas, dependiendo del tipo de carga/descarga de los residuos dentro del vehículo: Carga Lateral, Carga Trasera y Carga Frontal [ver vehículos recolectores].

3.3.2.2 Sistemas de carga/descarga de residuos al vehículo

Como se pudo observar en el punto anterior existen diversas maneras en que se introducen los residuos al vehículo recolector, estos tipos de carga, y obviamente descarga, se pueden encontrar configurados de diversas formas (Tchobanoglous, 1994):



Sistemas de caja fija. El vehículo recolector tiene integrada a su chasis, la caja en donde se depositarán los residuos, y esta será inmóvil. Por lo cual sus cargas pueden efectuarse de las siguientes dos formas y sus correspondientes variantes.

- Carga manual o mecánica: Los operadores encargados de la recolección, que reciben los residuos de manos de los generadores o que toman los residuos de los contenedores, efectúan la carga y descarga de los residuos completamente con sus propias manos. La carga mecánica, se refiere a que los operadores encargados de la recolección, manipulan los residuos con ayuda mecánica, como un alimentador mecánico que también sirve de compactador.
- Carga lateral, trasera o frontal: en este sistema donde la caja es inmóvil, el generador debe alcanzar sus residuos al operador que se encuentra montado en la caja del vehículo y la recepción de los residuos se puede hacer mediante: Carga lateral, se realiza la entrega/recepción de los residuos mediante un costado de la caja del vehículo. Carga trasera, se realiza la entrega/recepción de los residuos mediante la cara posterior de la caja del vehículo. Carga frontal, se realiza la entrega/recepción de los residuos mediante la cara delantera de la caja del vehículo.

Sistemas de contenedor. El vehículo recolector no tiene integrada a su chasis, la caja en donde se depositarán los residuos, por lo que la caja es un contenedor externo, el cual es obviamente movable. Por lo cual sus cargas pueden efectuarse de las siguientes tres formas:

- Con elevación: literalmente el vehículo está provisto de un sistema mecánico para introducir unas palas por debajo del contenedor y de esta manera elevarlo y colocarlo sobre el chasis del vehículo. Este sistema es poco usado en PL por la complejidad del mecanismo.
- Con remolque: el vehículo generalmente está provisto de un gancho para acoplar al contenedor, provisto de ruedas y de esta manera poder remolcar al contenedor. Este sistema es netamente manual. Es ampliamente usado cuando no se cuenta con suficiente presupuesto para adquirir vehículos recolectores de diseño o con cajas, por lo cual solo se añaden las ruedas a los contenedores o se adquieren contenedores con ruedas integradas.
- Con volteo: el vehículo está provisto de un sistema hidráulico para inclinar la caja semi-integrada al chasis del vehículo, generalmente este sistema se utiliza principalmente para descargar los residuos de un contenedor aprovechando la fuerza de gravedad, cuando este alcanza una determinada inclinación. Este sistema es comúnmente utilizado para evitar contratar mayor número de trabajadores, pues puede ser operado por el mismo conductor del vehículo recolector.

3.3.2.3 Frecuencia de recolección

La cantidad de veces en una semana en las que se recolectan los residuos sólidos generados en las viviendas, es la frecuencia de recolección, factor determinante en el almacenamiento, debido a que existe una función inversa entre esta y el almacenamiento de los residuos. A menor frecuencia de recolección mayor será el volumen de residuos almacenados y a mayor frecuencia de recolección menor será el volumen de residuos almacenados. También es una limitante para los servicios de recolección, debido a que los costos en combustible y mantenimiento de los vehículos influyen en que las poblaciones a veces sean solo servidas 1 vez a la semana.

3.3.2.4 Rutas de recolección

Es la trayectoria que deben seguir los vehículos recolectores para la toma de los residuos en la fuente de generación, la cual estará determinada por el método de recolección, el tamaño de la población, la capacidad del vehículo de recolección, de las características de los residuos y de la accesibilidad de las vías por donde circule el vehículo en la localidad. Básicamente existen dos tipos de rutas: las micro rutas y las macro rutas (Cerrón, 2000).

- Micro ruta: es la trayectoria general que debe realizar cada vehículo considerando los puntos obligados por los que debe circular y hacer parada el vehículo, tales como el lugar de encierro del vehículo, las vialidades de acceso, el área de recolección asignada y el destino de los residuos recolectados (centro de acopio, estación de transferencia, relleno sanitario, etc.).
- Macro ruta: es la trayectoria detallada que debe realizar cada vehículo para recolectar los residuos sólidos del área de recolección asignada, es decir si se va pasar casa por casa (mediante el método de parada fija o de acera) o si se va recolectar contenedor por contenedor



(mediante el método de recolección de contenedor); considerando los obstáculos de cada ruta específica (comercios, escuelas, mercados, topes, semáforos, ríos, arroyos, tipo de vías, etc.).

3.3.2.5 Equipos y Personal

El equipo de recolección consiste en un vehículo recolector de suficiente capacidad para almacenar temporalmente la carga de los residuos recolectados [ver tipos de vehículos recolectores], estos pueden ser desde camiones con cajas equipadas para la recolección de los vehículos hasta carretillas o carretas tiradas por un animal de carga (mula, caballo, burro, etc.).

El personal que presta el servicio de recolección, debe cumplir con las funciones de conducir el vehículo recolector, dirigirlo hacia las rutas de recolección asignadas, recolectar los residuos en la caja o contenedor del vehículo y dirigirlo al destino próximo de los residuos. La recolección la puede realizar desde una persona hasta un equipo formado de 2 hasta 4 personas, en donde 1 de ellas sea el conductor y las otras tres sean los operadores de apoyo para la recolección de los residuos. Comúnmente el servicio de recolección pública (aquel ofrecido por personal pagado por el municipio) reciban propinas, que oscilan aproximadamente entre \$1 y \$10 pesos mexicanos por cantidad de residuos entregados al día al recolector, no es obligatoria sin embargo se cree que incentiva al recolector a recibir los residuos entregados por el generador más "eficientemente". Otra práctica muy común por parte del personal es la separación de los residuos más comerciables, dentro del mismo vehículo, para su posterior venta y obtención de beneficio económico extra a su salario percibido. En el servicio de recolección privada estas dos prácticas están estrictamente prohibidas, debido a la logística de sus programas de recolección, debido también a que se presume que el salario que se brinda a sus trabajadores es suficiente y debido a que el cobro a los generadores por la prestación del servicio privado incluye que los recolectores realicen la toma de los residuos con la ayuda mínima del generador (Sancho y Rosiles, 1999).

3.3.2.6 Eficiencia de recolección

Un servicio de recolección de residuos sólidos será eficiente cuando cumpla con los siguientes objetivos (Sancho y Rosiles, 1999):

- Atender a toda la población en forma sanitaria y con una frecuencia adecuada.
- Aprovechar toda la capacidad de los vehículos recolectores (no debe haber viajes con carga incompleta).
- Aprovechar toda la jornada legal de trabajo del personal.
- Minimizar los recorridos improductivos en las rutas, es decir, que haya pocos traslados sin estar recogiendo basura y que no pase el vehículo varias veces por la misma calle.
- Minimizar los costos en tanto no se afecte el aspecto sanitario, lo que es una consecuencia de los puntos anteriores.
- Disponer de equipos de reserva para efectuar mantenimiento preventivo y poder cumplir con los programas previstos.

3.3.3 Vehículos recolectores

Las características de los vehículos han variado en gran medida desde que se utilizaba una carreta tirada por una mula, pues las exigencias de la población y el ritmo de vida actuales han impulsado a la ingeniería a diseñar vehículos más equipados para hacer más eficiente el trabajo de recolección. En el Anexo II-1 se muestran diversos tipos de vehículos recolectores utilizados comúnmente en pequeñas localidades, los cuales pueden ser proporcionados por el ayuntamiento o particulares, desde el sistema manual más común hasta el mecanizado más complejo en la actualidad. Obviamente el costo de los vehículos incrementa a medida que el tamaño y la complejidad del equipo son mayores (Sancho y Cervera-Et al, 2001).

3.3.4 Accesibilidad de las vías para la recolección

La eficiencia con la que se realice el servicio de recolección está estrechamente ligada al tipo de vías de acceso a las áreas asignadas para la recolección de los residuos. Existen PL cuyas calles son pavimentadas o adoquinadas, hasta aquellas que carecen de un suelo firme, desde terrecería hasta suelos fangosos. Las características topográficas de dichas localidades son un factor preponderante, debido a que la mayoría de las veces, los vehículos no pueden acceder a localidades ubicadas en lomas, cuyas vías de acceso tienen pendientes muy pronunciadas. En las localidades que están aisladas a través de ríos o riachuelos o grandes depresiones, generalmente están provistas de puentes, las características de estos puentes determinarán el acceso a los vehículos pues pueden no soportar pesos de más de 1 tonelada. Las localidades ubicadas en islas pequeñas, que no cuenten con sitios de disposición o tratamiento de los residuos generados, sus residuos generalmente deben ser transportadas a zonas continentales, cuya vía de acceso será a través de transbordadores o barcazas que remolquen un contenedor asignado para la población de la isla (Acurio-Et al, 1998).

3.3.5 Metodología para trazar rutas de recolección

En México la mayoría de las veces el diseño de las rutas de recolección se ha establecido en base al juicio y experiencia del jefe de limpia, o bien de los chóferes de los vehículos recolectores (SEDESOL, 2000), sin utilizar una metodología apropiada para el trazado de las trayectorias de recolección, por lo que la deficiencia del sistema de recolección se refleja en: la deficiente operación y funcionamiento del equipo, en la desocupación del personal asignado y sus malos hábitos, en la reducción de las coberturas del servicio de recolección y en la propagación de tiraderos clandestinos a cielo abierto (Tchobanoglous, 1994).

Para diseñar las Macro rutas es necesario determinar los tiempos de recorrido de las rutas estimadas, la longitud del recorrido, la capacidad del vehículo, el tiempo de recolección de los residuos, el tiempo y los movimientos para disponer los residuos, así como el costo de las tarifas por disponer los residuos en una estación de transferencia, en un centro de acopio o en un relleno sanitario. Para diseñar las Micro rutas es necesario determinar la ruta en la que se realice el menor tiempo en la recolección de la ruta a través de la minimización de los tiempos muertos (por ejemplo, calles con segmentos que no tienen servicios o que están atravesados más de una vez), retroceso de los vehículos, vueltas en U, vueltas a la izquierda, recolección en las calles grandes durante las horas de mayor afluencia de tráfico y otros tiempos que atrasan el servicio (Cerrón, 2000).

3.3.6 Recolección en Pequeñas Localidades

Sin embargo no todas las ciudades pueden adquirir el servicio de recolección, ya sea por falta de personal pagado, vehículos recolectores o por las características propias de las PL, como lejanía de las cabeceras municipales (donde se concentra la infraestructura del municipio para la recolección de RSM) o por las inconveniencias de la accesibilidad de las vías de la localidad. Gran parte de sus deficiencias enfrenta la realidad de la mayoría de los países en vías de desarrollo o no desarrollados, la falta de presupuesto estatal dirigido a los Departamentos de Obras Públicas o Saneamiento, del cual depende el Departamento que brinda el Servicio de Recolección de residuos domiciliarios. Sin este apoyo no se cuenta con una adecuada infraestructura y entrenamiento para brindar un servicio más eficiente. La prioridad de los municipios continua siendo cubrir las cabeceras municipales, donde se concentra la mayor cantidad de la población, pero pocos llegan a las PL más alejadas o incluso aisladas, que también forman parte del municipio. De aquí la importancia que se requiere el adecuado sistema de recolección de los residuos generados por la población de una pequeña localidad.

3.4 REUSO Y RECICLAJE

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL el reuso y reciclaje.

3.4.1 Antecedentes

A mediados del siglo XIX La práctica de la comercialización de los RSM desechados, se realizaba por unos pocos propietarios de plantas de reciclaje e intermediarios, en su gran mayoría sin la tecnología. Los compradores contaban con amplia clientela y de algún local o patio donde recibir los desechos. Principalmente se recuperaban botellas de vidrio para ser vendidos a laboratorios, farmacias y perfumerías; y metales que eran comprados por las plantas fundidoras (Schleenstein, 2003). Desde mediados de los años ochenta, el reciclaje ha crecido como actividad empresarial dentro de los sectores privados, inclusive en las pequeñas localidades. El deseo de reciclar, por parte del público, está creando una fuerte demanda respecto a nuevos productos (contenedores especiales, vehículos de recolección e instalaciones y equipo de procesamiento) y servicios (recolección, separación, centros de acopio procesamiento, transporte, comercialización y concientización de la ciudadanía). Inclusive, en 1988 con la publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) se instituyó en el capítulo IV sobre la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo en el Artículo 134 que ya "es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes" (LGEEPA, 2000).

Pese a no aprovecharse al 100% las ventajas de esta actividad, inclusive en todo el mundo y en México esta industria crece y se desarrolla provocando beneficios sociales, económicos, pero sobre todo ecológicos (INARE, 2004):

- De manera indirecta genera autoempleo para casi 4 millones de familias en todo el País, que acopian, seleccionan y limpian lo que la sociedad desecha; se generan 400 mil empleos directos a través de 10 mil empresas establecidas, aproximadamente y 1.5 millones de empleos

indirectos en la industria de transformación, los cuales son posibles gracias a la existencia de las materias primas alternativas que se generan vía reciclaje (beneficio social).

- Existe una gran derrama económica en torno al sector, ya que aparte de los empleos arriba señalados, se genera inversión en maquinaria y equipo, asimismo, en los alrededores se genera actividad económica en los pequeños comercios de alimentos, papelería, refacciones, combustibles, etc. (beneficio económico).
- La participación de la industria del reciclaje en la protección de recursos naturales renovables y no renovables ha sido fundamental a lo largo de estos 70 años, pues se convierte la basura en recursos para la producción de bienes y retira anualmente más de 10 millones de toneladas de materiales que, de otro modo, se convertirían en basura que transportar y disponer. Su reintegración al ciclo productivo evita la contaminación del suelo y la que se genera por causa del traslado que hacen los vehículos que los transportan a los sitios de disposición (beneficio ecológico).

3.4.2 Generalidades

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL el reuso y reciclaje.

3.4.2.1 Definición de Reuso y Reciclaje

A continuación se mencionan algunas definiciones sobre el reuso, reciclaje y el aprovechamiento de los RSM.

Aprovechamiento. Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía (LGPGIR, 2003). Es la recuperación de los materiales de RSM, preferiblemente en el sitio de origen, a fin de disminuir el volumen de residuos por manejar y lograr su aprovechamiento económico. Aquí se incluye la separación de materiales que pueden ser utilizados directamente sin cambiar su forma o función básica (reuso) o para ser incorporados a procesos industriales como materia prima y ser transformados en nuevos productos de composición semejante (reciclaje).

Reuso. Significa designar otro uso al producto que ha sido descartado; tales como restaurar artefactos u objetos viejos. El empleo de un residuo sólido sin que medie un proceso de transformación (LRSDF, 2003). Y corresponde a una consideración importante en la minimización de residuos. En la LGPGIR se define reutilización como "el empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación", para lo cual en el presente trabajo se entendería como sinónimo del reuso de los RSM.

Reciclaje. Es la actividad en la cual se recolectan productos usados con el fin de sustituir materias primas y manufacturar nuevos bienes. Es propiamente el proceso de transformar residuos en otros productos, mediante un tratamiento o reproceso de los materiales para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima. De manera general el reciclaje es una actividad que se complementa de tres actividades: Recolección, manufactura y consumo. Pues es bien sabido que si faltara alguna de estas tres algo fallaría en el proceso del reciclaje (Stessel, 1996).

3.4.2.2 Materiales que se pueden reutilizar y reciclar

A continuación se presentan los principales materiales que se reciclan en México por diversas empresas grandes y pequeñas de recicladores, que acopian sus materiales tanto de grandes como de pequeñas localidades (Wehenpohl, 1999).

Papel y cartón. Sólo una parte del papel y del cartón, desechados es reutilizable debido a consideraciones económicas y logísticas:

- La fibra virgen es abundante y relativamente barata
- Muchos centros urbanos están localizados a grandes distancias de las fábricas de papel
- La capacidad de las fábricas para destinar y reutilizar el papel y el cartón usados es limitada

Las empresas recicladoras compran el papel residual usado basándose en la fuerza y el rendimiento de la fibra, y en el brillo, según el tipo de producto fabricado. Los principales tipos de papel para reciclaje son: periódico, cartón corrugado, papel de oficina y papel mezclado; y se pueden obtener productos como: papel periódico, papel higiénico, pañuelos de papel, hueveras, cartón y productos para construcción (fibra prensada). Normalmente el papel mezclado se recicla como cartón; sin embargo, el problema es la presencia de contaminantes que perjudican



el proceso de producción o pueden dañar la maquinaria, como: papel quemado por el sol, envases de alimentos, papel higiénico o toallas de papel, documentos encuadrados, compuestos que contienen plástico o papel metálico, clips, papel de fax y papel carbón.

Plástico. El proceso de reciclaje de plástico depende de su composición, por esta razón se identifica mediante un código estandarizado. La clasificación de número 1 al 7 (ver Tabla 3.4.1), y que representa las resinas comúnmente usadas y facilita la separación y el reciclaje. Sin embargo, debido a la gran diversidad se complican la recolección selectiva y la separación de plástico. El reciclaje correcto exige separación absoluta, así como lavado y uso de aditivos para obtener granza (plástico fundido y homogeneizado para corte ulterior de alta calidad, también le denominada peletización). Una desventaja del plástico mezclado es que no sólo produce granza de mala calidad; en la maquinaria puede incluso ocasionar averías importantes.

Tabla 3.4.1 Código de identificación de plásticos

NOMBRE	No.	SIGLAS	ORIGEN
Poliétilentereftalato	1	PET o PETE	Botellas de refrescos, recipientes de alimentos
Poliétileno de alta densidad	2	PEAD o HDPE	Botellas de leche o de detergente, bolsas
Policloruro de vinilo o vinilo	3	PVC o V	Recipientes de alimentos y tuberías
Poliétileno de baja densidad	4	PEBD o LDPE	Bolsas y envoltorios
Polipropileno	5	PP	Cajas, maletas, tapas y etiquetas
Poliestireno	6	PS	Vasos y platos de espuma
Otros	7	-	Todas las otras resinas y los materiales multilaminados

(ANIQ, 2006)

Vidrio. La mayor parte del vidrio contenido en los residuos es de botellas (90%) u otros recipientes. Después de triturado y separado por colores (blanco, verde y ámbar), casi todo el vidrio se utiliza para producir nuevos recipientes y envases. Los fabricantes de botellas están dispuestos a pagar precios un poco más altos por el vidrio triturado que por las materias primas, debido a ahorros en energía y a mayor durabilidad del horno de fundición. La desventaja de usar vidrio usado reside en que casi siempre contiene contaminantes que pueden alterar el color o la calidad del producto final. Aunque la cantidad demandada del vidrio triturado es considerable, a menudo la rentabilidad varía por los costos de recolección, procesamiento y transporte hacia las fábricas (Vitro, 2006).

Metales. Los metales se pueden clasificar en dos categorías:

- Metales ferrosos (hierro y acero). Los bienes que más contienen metales son: electrodomésticos, gran cantidad de aparatos y equipos industriales, automóviles, tuberías, material de construcción, chatarra industrial, muebles y puertas. Las latas de acero y la hojalata se separan magnéticamente (por el recubrimiento de estaño) y se transportan a una estación de desestañamiento. El estaño que se recupera es de 2.5 a 3 kilos por tonelada de latas. El acero limpio se usa para producir acero nuevo. El mayor impedimento para el reciclaje de latas de acero es el alto costo de su transportación.
- Metales no ferrosos. Casi todos estos metales se pueden reciclar si están seleccionados y libres de material extraño: plástico, tela, goma, etc. Además del aluminio, los metales no féreos son: cobre, latón, bronce, plomo, níquel, estaño y cinc. El reciclaje de los recipientes de aluminio ha sido exitoso, inclusive más que el de papel, plástico y vidrio, porque las materias primas de éstos son abundantes y baratas. Sin embargo, la bauxita (materia prima del aluminio) se debe importar; por ello en algunos países los fabricantes se han organizado para recuperar el aluminio. Una ventaja del reciclaje de aluminio es que las impurezas son fácilmente separables. En la planta de recuperación las latas aplastadas se trituran para reducir el volumen. Luego se calientan en un proceso de deslaminación para separar los revestimientos y la humedad; después se introducen a un horno de refundición. El metal fundido se forma en lingotes, que se transfieren a otras fábricas, donde se producen láminas o partes para maquinaria y equipo.

Otros materiales. Además de los materiales señalados, existen otros subproductos que pueden recuperarse; sin embargo, las cantidades, sobre todo los ingresos obtenidos por la venta de los mismos son relativamente bajos. Entre estos materiales se pueden señalar: el multicapas (material que contiene cartón, aluminio y/o plástico, y generalmente se usa para envases), madera, llantas, textiles, hueso, plástico en película, etc. De los diversos subproductos recuperables de la basura, después de haber sido industrializados por las empresas recicladoras, se pueden obtener productos finales como los mostrados en el Anexo II-3.

3.4.3 Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje

Un componente fundamental para el aprovechamiento de los materiales de desecho es el estudio y desarrollo de los mercados para estos y principalmente la educación como instrumento rector de las conductas sociales de los habitantes de cierta localidad. El reciclaje, reuso y reducción en origen de RSM forman parte de un conjunto de planes y programas estratégicos que han llegado a cobrar importancia, debido a las implicaciones que la ejecución de tales acciones puede traer consigo como la reducción de costos en que incurren los gobiernos municipales en la gestión de sus residuos sólidos, y la conservación de recursos naturales y del ambiente.

Sin embargo, según lo muestra la experiencia internacional, los programas de reciclaje son comúnmente subsidiados por las autoridades municipales o estatales. En cambio los programas de reuso y reducción en origen pueden ofrecer nuevas e importantes opciones para minimizar la cantidad de residuos que requieren disposición final. Es necesario tener en cuenta que llevar a cabo estos programas implica que las autoridades encargadas de su ejecución cuenten con infraestructura y recursos económicos que respalden tales acciones. En caso contrario es posible que se incurra en costos por la mala asignación de los recursos. Se puede afirmar que el éxito de los programas de reducción en la fuente, reuso y reciclaje depende tanto de las decisiones adoptadas por las autoridades municipales como del respaldo material y humano disponible para asegurar el aprovechamiento potencial del material derivado de los residuos sólidos.

El primer paso para elaborar el análisis de la oferta es conocer las características de los subproductos que pueden ser comercializados así como la calidad y cantidad en que estos se generan en los diversos estratos y sectores de la localidad. Para obtener dicha información se deben realizar estudios basados en la observación directa de las diferentes fuentes generadoras.

La posibilidad de vender los residuos aprovechables y así sustituir materias primas, depende de factores tales como:

- Generación del material en la localidad.
- Precios de mercado.
- Costos de almacenaje.
- Cantidad de subproductos demandados con base en las tecnologías existentes en el mercado.
- Grado de contaminación de los materiales.
- Grado de procesamiento de los subproductos.
- Precio de la materia prima base.
- Otros costos relacionados.

La comercialización de los materiales recuperados de los RSM presenta diversos aspectos problemáticos, entre ellos uno de los más importantes es que el negocio de la basura se realiza en la mayoría de los casos dentro de un sistema informal y existente por fuera de los circuitos de la economía sometida a control. La respuesta a este problema está en utilizar mecanismos ágiles y suficiente imaginación. Con el fin de reducir el volumen de residuos, debe evitarse la distribución de productos que generen grandes cantidades de desechos debido a su embalaje o preparación; asimismo, en tanto no existan riesgos para la salud y siempre que sea una práctica conocida, se deberá alentar el reciclaje de los residuos sólidos. Además, para que la tarea del reciclaje sea exitosa, deben identificarse los siguientes riesgos (CEPIS/OPS, 2003).

- Certeza del mercado. Las iniciativas de reciclaje deben estar ligadas a los mercados de material reciclado. También debe tomarse en cuenta el tiempo de aprovisionamiento, envío e instalación de los equipos. El riesgo se reduce si se concatenan adecuadamente los tiempos de desarrollo y planeamiento con los del proceso de reciclaje.
- Control de calidad. La calidad del producto final reciclado está estrechamente ligada a la calidad de los escombros que alimentaron la producción. Se recomienda que el material reciclado mantenga la mayor exigencia técnica requerida para material similar nuevo. En el Anexo II-4 se incluyen ejemplos de las principales especificaciones de compra para algunos de los principales materiales reciclables; sin embargo, cada comprador en particular exige sus propias condiciones.
- Certeza del abastecimiento de los materiales. La eficiencia de la operación de reciclaje depende, entre otros factores, del ingreso de una cantidad y de una calidad previsible de suministros. El riesgo se minimiza si se ponen en marcha mecanismos para asegurar el abastecimiento adecuado del programa de reciclaje.
- Creación de una estructura institucional para el reciclaje. Es necesario definir un centro de acopio o una instalación que se utilice para realizar las actividades de reciclaje y proteger los materiales de la lluvia, viento, radiación solar y ataques de terceros.

3.4.4 Reuso y reciclaje en Pequeñas Localidades

El cambio en el estilo de vida y en el consumo va de la mano con el cambio en la composición de los desechos, inclusive en las PL, tanto urbanas, rurales como mixtas. Con anterioridad, la parte principal de los desechos domésticos en las zonas rurales y urbanas pobres consistía en materia orgánica biodegradable. Ahora, el plástico, el papel, el vidrio, y el metal son los componentes principales (cuando menos en volumen) de los desechos que se generan no sólo en el sector moderno de los países en vías de desarrollo. El reuso y el reciclaje de los bienes valiosos que provienen de los desechos tienen una gran tradición en los países asiáticos, como es el caso de China quien se dedica prácticamente a recuperar la mayoría de desechos de otros países.

Los artículos como botellas vacías, envases de plástico, latas de hojalata, metales no ferrosos y ciertas calidades de papel, nunca llegan a ser desechos. Se separan en la fuente y se venden a centros de acopio. Los pedazos de metal, por ejemplo, todavía son la fuente principal de materia prima de fundidores y herreros del sector informal de los países en vías de desarrollo. Con el incremento en la cantidad y la complejidad de los materiales de desecho, el reciclaje ahora es un ejercicio más sofisticado, que lleva a un reciclador a pequeña escala del sector informal a sus límites técnicos y financieros. Por otra parte, puede abrir una gran gama de oportunidades para la creación de empleos y la generación de ingresos si los empresarios a pequeña escala cuentan con el conocimiento técnico, los recursos financieros y la administración del negocio.

3.5 TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL el transporte y transferencia.

3.5.1 Antecedentes

El hecho de que el servicio de recolección de RSM es de un costo elevado, por tener que recorrer grandes distancias existentes entre los centros geográficos de algunas localidades pequeñas y sus sitios de disposición final, para el confinamiento de sus residuos generados, hicieron imprescindible el uso gradual de centros de transferencia (también conocidos como estaciones, sitios o puestos). Las primeras estaciones de transferencia, diseñadas técnicamente y construidas ingenierilmente, fueron marítimas (en Nueva York y Lisboa) y ferroviarias (París y Sao Paulo); inclusive en Río de Janeiro, se empleaba el tranvía como transporte suplementario. En México, las primeras estaciones de transferencia que existieron fueron 5 puestos o sitios comunitarios, declarados por orden del Virrey Márquez de Villamanrique (cuyo virreinato fue de 1585-1590), como Centros de "Acumulación de Desechos", para que de manera oficial, la población pudiera depositar la basura generada en sus hogares, que después era trasladada al sitio de disposición final en Iztapalapa, mediante carretones municipales jalados por mulas. Dichos puestos de transferencia, se ubicaban en lo que ahora es el Centro Histórico de la Ciudad de México (INE, 1996).

Existen estaciones de transferencia en las ciudades de Guadalajara y Tepatlán, Jalisco (2); Distrito Federal (13); Tijuana, Baja California, Cd. Juárez, Chihuahua (2); Querétaro, Querétaro, San Luis Potosí, San Luis Potosí, Ciudad del Carmen, Campeche, Tlanepantla, Estado de México y en el Área Metropolitana de la Ciudad de Monterrey (3) (INE, 1996) y generalmente son construidas para dar servicio a localidades grandes, pero también las pequeñas se sirven de estas. Para asegurar su adecuada operación para evitar daños a la población y a las autoridades, en nuestro país, el sistema de transporte y transferencia de los residuos sólidos municipales se encuentra regulado por algunas normatividades estatales e inclusive municipales.

3.5.2 Generalidades

Las estaciones de transferencia son un eslabón intermedio entre la recolección y la disposición final del manejo de los residuos sólidos; consisten en instalaciones sanitarias que permiten transferir, mediante gravedad o equipos mecanizados, los residuos de varios vehículos recolectores de poca capacidad (menores de 30m³) a otro vehículo con mayor capacidad de carga (de hasta 70m³), de tal forma que disminuyan los tiempos y los costos de la recolección de los residuos, así como el tiempo de transporte al sitio de disposición final. Son muy apropiadas cuando la distancia entre el punto recolector y el sitio de disposición superan los 15 kilómetros. Sin embargo el rechazo de la población para este tipo de centros suele ser muy determinante en adoptar o no este tipo de obra para el mejoramiento del manejo de los residuos, sobretodo cuando se desean localizar en zonas aledañas a las casas habitación o escuelas, pues unos de los principales argumentos es que la puesta en operación de las estaciones de transferencia perjudicarían la salud de las personas que viven, laboran o transitan en sus zonas circunvecinas. Dichos padecimientos pudieran estar asociados en cierta forma a las concentraciones de partículas que se encuentran en la zona, al tránsito vehicular, a las tolvaneras y tiraderos irregulares de desechos sólidos en esa zona (Santos-Et al, 1992).



3.5.2.1 Personal y Equipo

A continuación se describe el tipo de personal y el transporte requerido para realizar la actividad de transferencia de RSM de PL a las estaciones más cercanas.

3.5.2.1.1 Personal del Transporte y Transferencia

Generalmente el personal encargado de efectuar tal operación cuenta con los conocimientos suficientes para operar un equipo de transferencia y disponer los residuos donde le sea señalado. La mayoría del transportista cumple eficientemente con un horario de trabajo y sus tareas asignadas, pero por lo general no están capacitados para efectuar acciones que ayuden a hacer más eficiente la valorización de los materiales maniobrados. Solo en algunas estaciones de transferencia, como la de Coyoacán, se ha empezado a efectuar la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos, para poder transferir un porcentaje a plantas de composta o plantas de selección, respectivamente. El personal encargado de efectuar la transferencia de los residuos tiene una labor de gran importancia, pues son quienes tienen la mayor infraestructura y capacidad de mejorar el aprovechamiento de los materiales de desecho para enviarlos a sitios de tratamiento para su revalorización y enviar lo menos posible de residuos a sitios de disposición final.

3.5.2.1.2 Equipo de Transferencia

Los equipos de transferencia, es decir el transporte, se clasifican en rodoviarios (camiones), acuáticos (barcazas) y ferroviarios (vagones) (De Lima, 2005).

Equipos Rodoviarios. Son camiones con carrocerías de gran capacidad (30 a 75 m³) que a su vez se clasifican en dos tipos básicos: de carrocería abierta y de carrocería cerrada. Hoy en día existe además otro tipo de carrocería, la "roll-on, roll-off".

- Camiones de carrocería abierta. Estos camiones reciben la carga por arriba y la descargan por diferentes métodos. El más utilizado es el de volteo con equipo hidráulico, pero actualmente se están desarrollando otros sistemas utilizando un fondo móvil y al menos dos tipos diferentes de este sistema ya operan en estaciones norteamericanas.
- Camiones de carrocería cerrada. Estos camiones son utilizados en estaciones dotadas de equipos compactadores que colocan la basura por la puerta trasera del vehículo. Son del tipo trailer acoplado y generalmente tienen una capacidad máxima de 50 m³, transportando hasta 30 toneladas de basura compactada. Algunos de estos camiones tienen carrocería cilíndrica, pero la mayoría tiene la forma de un paralelogramo. Las ventajas y desventajas de estos camiones están relacionadas con las desventajas y ventajas de los camiones de carrocería abierta, esto es, la higiene en el transporte de la basura está más garantizada, la descarga es más rápida pero los costos de inversión y mantenimiento son superiores.
- Camiones tipo "roll-on, roll-off". Las cajas "roll-on, roll-off" son contenedores retirados por camiones con estructuras inclinables y un gancho que permite cargar el contenedor sobre la estructura. Estas cajas pueden ser abiertas para cargar por arriba, o cerradas y, en este caso, acopladas a compactadoras estacionarias.

Equipos Acuáticos. Consisten usualmente de barcazas que reciben los residuos de los equipos de transferencia y los trasladan a los sitios de disposición, sean plantas de tratamiento o relleno sanitarios. Las barcazas son impulsadas por remolcadores y tienen gran capacidad (1,500 m³). Estos equipos se utilizan siempre que el transporte marítimo o hidroviario sea más económico que el rodoviario.

Equipos Ferroviarios. Este tipo de equipo se utiliza en lugares donde existe una red ferroviaria bien desarrollada y los recorridos de transporte sean muy largos, resultando este medio de transporte más económico que el rodoviario. Los vagones empleados son de diseño especial, con una gran capacidad volumétrica y dispositivos especiales para descarga, sea tolva o volteo rotatorio.

3.5.2.2 Necesidad de Transferencia de residuos

La distancia hacia el lugar de acopio, tratamiento o disposición final centralizado, influye en el tipo de vehículo que se debe emplear y en la necesidad de instalar una pequeña estación de transferencia. Se estima que más de 1 hora de transporte haría un recolector si no contara con una instalación de una pequeña estación de transferencia de residuos sólidos. Se debe considerar la velocidad de transporte que tiene cada vehículo. Por ejemplo, en las pequeñas localidades en donde los principales vehículos a utilizar son: triciclos impulsados por el esfuerzo humano o motorizados, con capacidades de recolección de 0.5 y 1 m³ de volumen de carga por viaje suelen ir a velocidades de 0.9 a 5.5 km/h; lo cual se puede observar en una tabla de velocidades elaborada por la OACA e IDMA en 1992 (Alegre, 1997).



Tabla 3.4.2 Velocidades de recolección en vehículos típicos PL

Vehículo	Transporte sin carga (kg/h)	Recolección a domicilio (km/h)	Transporte lleno (km/h)
Triciclo impulsado por el esfuerzo humano (de 0.5 m ³ de capacidad)	2 a 3	0.7 a 1.5	0.9 a 1.5
Triciclo motorizado (de 1m ³ de capacidad)	8 a 10	0.8 a 1.6	3 a 5.5

(Alegre, 1997)

Con tal información y la distancia necesaria a recorrer en el trayecto para transportar los residuos, se puede estimar el tiempo total por actividad que requerirá el personal y vehículo recolector para conocer, entre otras cosas, el número de viajes que podría realizar su vehículo de recolección por jornada de trabajo, si no contara con un sistema de transferencia. Según se la distancia del punto final de recolección al sitio próximo de disposición de los residuos (centro de acopio, planta de tratamiento o relleno sanitario), se puede optar por la necesidad de una estación de transferencia.

Generalmente al sistema de transporte de residuos utilizando una estación de transferencia, se le conoce como "Recolección y transporte en dos etapas por distintos vehículos", pues esto ocurre cuando el sitio próximo de disposición se encuentra alejado del poblado (más de 1 hora de viaje). La recolección la efectúa un vehículo recolector de pequeña capacidad que acumula los residuos en algún punto estratégico (estación de transferencia), en donde un vehículo de mayor capacidad los evacua hacia el lugar de reciclaje (centro de acopio o planta de tratamiento) o disposición final. De no existir otra alternativa, la estación de transferencia se debe construir en algún lugar que no origine molestias a los vecinos y que permita facilidades para las operaciones de descarga, carga y eventualmente almacenamiento de residuos sólidos. Se debe recordar que la estación de transferencia no es un lugar de almacenamiento de residuos, por lo cual los residuos sólidos se deben evacuar de este lugar diariamente (Alegre, 1997)

3.5.2.3 Destinos del transporte y transferencia

Se ha mencionado constantemente en los párrafos anteriores que los "sitios próximos de disposición" de los residuos recolectados en determinada población, son otros más que el Relleno Sanitario (sitio de disposición final). Es decir, debido a la creciente preocupación por rescatar la valorización de los materiales de desecho y a la gran importancia de reciclarlos [ver Reuso y Reciclaje, y Tratamiento] se ha observado que un sitio de disposición final, para confinar de por vida los residuos, no es el único destino que recorren los residuos después de ser recolectados [ver Recolección]. A continuación se describen las posibilidades de destinos que pueden recorrer los transportes de Transferencia de los residuos: centros de acopio, plantas de tratamiento, sitios de disposición final.

3.5.2.3.1 Centros de Acopio

Son instalaciones en las cuales se reúnen uno o varios tipos de residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, transferencia, tratamiento o disposición final. En dichos sitios los materiales reciclables, son acopiados, separados, y en la mayoría de los casos acondicionados, para darles un valor agregado que incremente el precio de su venta y cuente con un aprovechamiento posterior [ver Recolección] (Sancho y Cervera-Et al, 2001).

3.5.2.3.2 Plantas de Tratamiento

Son instalaciones en las cuales se transforman uno o varios tipos de residuos sólidos en materiales reutilizables, brindándoles un aprovechamiento a los residuos sólidos (desechados por los generadores); principalmente, para producir diferentes tipos de productos comerciales y energéticos (obteniendo beneficios), y evitar enviarlos a sitios de confinamiento [ver Tratamiento].

3.5.2.3.3 Sitios de Disposición Final

Son instalaciones en las cuales se confinan permanentemente los residuos sólidos en sitios y condiciones adecuadas, para evitar daños a los ecosistemas y propiciar su adecuada estabilización. En dichos sitios generalmente no se piensa en aprovechar el valor intrínseco de los materiales al confinarlos; sin embargo la tendencia mundial actual es diseñar tales sitios para el aprovechamiento del biogás generado de la descomposición de los materiales biodegradables [ver Tratamiento y Disposición Final].



3.5.2.4 Tipos de estaciones de transferencia

El objetivo de los sistemas de transferencia es recibir los residuos sólidos de vehículos recolectores de pequeña capacidad para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad y transportarlos a su sitio de destino próximo asignado. Como se mencionó anteriormente estos grandes vehículos suelen ser camiones, barcazas o vagones de ferrocarril, principalmente. En la actualidad el sistema de transferencia para residuos sólidos municipales se está volviendo una instalación necesaria inclusive para las pequeñas, debido al continuo alejamiento de los sitios de tratamiento y de disposición final, por lo que han surgido diferentes maneras de efectuar las transferencias de vehículos recolectores a vehículos de transferencia, las cuales también han ido mejorando por las necesidades y experiencias obtenidas en los diferentes países del mundo. Entre estas destacan las estaciones de transferencia terrestres, que a su vez están configuradas por tres tipos de estaciones (INE, 1996).

3.5.2.4.1 Estaciones de descarga directa

Este tipo de transferencia consiste en el trasvase de los residuos sólidos de los vehículos recolectores a vehículos de transferencia de carrocería abierta, mediante vaciado por gravedad. El proceso de este tipo de estaciones es el siguiente: 1. Recepción de los vehículos recolectores y vehículos de transferencia, con previo registro y pesaje. 2. Canalización de los vehículos recolectores a las rampas de acceso del patio de maniobras para la descarga y Canalización de los vehículos de transferencia en el patio de carga. 3. Descarga y Carga de los residuos por gravedad de un vehículo a otro; un vehículo de transferencia debe soportar varias cargas hasta ser llenado (sin sobrepasar su capacidad). 4. Realización del despunte de los vehículos de transferencia para poder colocar la lona que cubre los residuos y que estos no se dispersen en el traslado al sitio de disposición próximo. 5. Salida de los vehículos de recolección y transferencia, con su correspondiente registro y pesaje, para su control (ver tabla siguiente). Estas estaciones tienen la característica de no almacenar los desechos, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia en condiciones de recibir los residuos de los recolectores, por lo que si el recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia para recibir los residuos, el camión debe esperar hasta la llegada de un vehículo vacío. La falta de equipamiento provoca filas de recolectores en la estación en las horas "pico", así como una mayor demanda de vehículos de transferencia. Sin embargo, las estaciones de descarga directa son construidas preferentemente debido a su simplicidad y bajo costo de inversión.

3.5.2.4.2 Estaciones de descarga indirecta

Este tipo de transferencia consiste en el trasvase de los residuos sólidos mediante la descarga de residuos de los vehículos de recolección a una fosa de almacenamiento o sobre una plataforma donde posteriormente los residuos sean cargados en los vehículos de transferencia con equipos auxiliares, como palas o tractores. El proceso de este tipo de estaciones es el siguiente: 1. Recepción de los vehículos recolectores y vehículos de transferencia, con previo registro y pesaje. 2. Canalización de los vehículos recolectores hacia la plataforma para verter los residuos a la fosa y descarga de los residuos. 3. Canalización de los vehículos de transferencia hacia el área de la fosa de almacenamiento para ser cargados mediante la extracción de los residuos de la fosa mediante grúas (de almeja o de cargador frontal), tractores o palas, hasta su llenado. 5. Realización del despunte de los vehículos de transferencia para poder colocar la lona que cubre los residuos y que estos no se dispersen en el traslado al sitio de disposición próximo. 6. Salida de los vehículos de recolección y transferencia, con su correspondiente registro y pesaje, para su control (ver tabla siguiente). En este tipo de instalación los vehículos recolectores nunca tienen que esperar para descargar los residuos transportados. Los usuarios menores llevan separados los subproductos reciclables para depositarlos en los diferentes contenedores de vidrio, metales, papeles, cartón y plástico, disminuyendo de esta forma el pago por el servicio de transferencia.

3.5.2.4.3 Estaciones combinadas

Este tipo de transferencia consiste en el trasvase de los residuos sólidos mediante los dos procesos anteriores de descarga directa y descarga indirecta. La descarga de residuos de los vehículos de recolección puede ser simultáneamente a los vehículos de transferencia o a la fosa de almacenamiento. De igual manera, la carga de los vehículos de transferencia puede ser tanto de los vehículos de recolección como de las grúas o tractores que extraen los residuos de la fosa de almacenamiento (ver tabla siguiente). Este tipo de instalación puede ser un poco más compleja que las anteriores, sin embargo muestra ventajas significativas pues le da plasticidad al proceso de transferencia, para seleccionar uno o ambos de los procesos en el momento deseado.

En el Anexo II-5 se pueden observar algunas ilustraciones del tipo de configuración de estaciones de transferencia, inclusive con vehículos tirados con animales de carga, cuando exista la necesidad de ello. Las configuraciones de estaciones de transferencia utilizando barcazas y vagones de ferrocarril, son muy similares, los cambios esenciales son el tipo de vehículo y el medio de transportación (acuático o por vías de ferrocarril). Sin embargo el principio de la transferencia siempre será el mismo, trasvasar los residuos contenidos en los pequeños vehículos a los grandes vehículos.



3.5.3 Selección del tipo de estación de transferencia y vehículos

Como es de esperarse, las poblaciones pequeñas generan menos residuos que las grandes ciudades, a menor número de personas, menor cantidad de residuos generados en la población. Sobre todo en las localidades menores de 500 habitantes, difícilmente puede contarse con infraestructura para plantas de tratamiento y rellenos sanitarios mecanizados. Sin embargo se pueden construir y adaptar de acuerdo a sus capacidades, necesidades e intereses. En el caso en que exista el interés de la población por disponer sus residuos en el relleno sanitario de su municipio, o encausar sus residuos a centros de acopio y plantas de tratamiento fuera de su localidad, y estas se encuentran relativamente distantes (15 kilómetros por ejemplo), entonces es conveniente que cuenten con centros de transferencia (INE, 1996).

A continuación se describirán las opciones viables para seleccionar el tipo de estación de transferencia, en función del factor geográfico, que pueda satisfacer las necesidades de una localidad pequeña (simplemente, si las condiciones geográficas de esta no son aceptables para un libre tránsito de los vehículos recolectores y de transferencia, simplemente la transferencia de los residuos no es viable para la localidad, y tendrán que acudir a otras opciones para manejar sus residuos, como el reuso, reciclaje in situ y tratamientos en la misma localidad). Dichas opciones las podemos agrupar para localidades de fácil acceso y de difícil acceso:

3.5.3.1 En localidades de fácil acceso

En este tipo de localidades el acceso de los vehículos se supone que es bastante favorable para poder trasladar los residuos de la localidad, bajo los tres tipos de sistema de transferencia como se han descrito anteriormente, siempre y cuando sus capacidades de diseño y operación estén acordes a la necesidad de la población pequeña o grupo de estas, quienes serán beneficiadas.

Ciertamente, la transferencia se vuelve más factible económicamente cuanto más se incremente la distancia entre el generador de residuos y el lugar de su disposición. Aunque la factibilidad de una estación de Transferencia debe ser considerada para cada caso especial, la mayoría de los expertos coinciden que es difícil de justificar la necesidad de una instalación de este tipo, si la distancia entre el generador y disposición es menor a 15 km. Por otro lado, la estación de transferencia debe estar ubicada en zonas medianamente pobladas, lugares donde se asegure el menor impacto ambiental y cerca de rutas principales. El fácil acceso evidentemente reduce el tiempo de viaje y los costos de los transportes de recolección y transferencia; sin embargo se debe asegurar un tránsito fluido de los caminos bajo cualquier condición climática extraordinaria y ordinaria de la zona (CEAMSE, 2006).

3.5.3.2 En localidades de difícil acceso

En este tipo de localidades el acceso de los vehículos se supone que es poco o muy desfavorable para poder trasladar los residuos de la localidad, es requisito adecuar cualquier tipo de transferencia para que esta sea segura y eficiente, tanto para los pobladores de la localidad, como para el personal que labore en la estación. Cuando la localidad se encuentra asentada en una isla, donde la dificultad del acceso se debe al tipo de vía acuática, es necesario utilizar pequeños embaucamientos que puedan trasladar de un lugar a otro los residuos; quizá depositarlos en barcos de mayor capacidad o zonas de almacenamiento, para su transferencia vía terrestre. En las localidades de difícil acceso no se recomienda instalar una estación de transferencia en el centro de la localidad, debido a los mencionados inconvenientes; se deben localizar zonas de acceso más aceptables, por lo cual, los vehículos recolectores deberán de desplazarse hasta el centro más cercano.

Entre los vehículos más recomendables para este tipo de accesos son las carretas de tracción animal o pequeños vehículos motorizados, cuya ventaja es que su radio de acción es más amplio. El animal es igual de lento a una carretilla de mano, pero el volumen del vehículo es mucho mayor, de modo que sólo se necesitan dos viajes a la estación de transferencia en vez de cuatro o más, con una carretilla de mano; con la carreta hay más tiempo para la recolección misma. El pequeño vehículo motorizado tiene tanto una mayor capacidad como una velocidad más alta. Este sistema permite que cada estación de transferencia sirva un área más extensa y por lo tanto una población mayor o poblaciones de baja densidad. Para carretas de tracción animal, una estación de transferencia para un área de 5 km², implica un viaje de ida y vuelta de 2 km. Los triciclos motorizados servirían áreas mucho más extensas. El proceso de transferencia, sin embargo, es mucho más complejo que el método descrito anteriormente de vaciar los recipientes en los remolques. Se requiere transferir cargas de 2m³ o mayores en vehículos grandes. El método más recomendable para este tipo de vehículos es la transferencia de carga directa, para que las carretas de tracción animal o triciclos motorizado se descarguen desde un nivel superior directamente en camiones de volteo de 7 toneladas de capacidad con costados alargados con el fin de incrementar su volumen, y que cada camión transporte una carga promedio de 5 toneladas, como se puede observar en la figura 3.4.3 (Alegre, 1997).

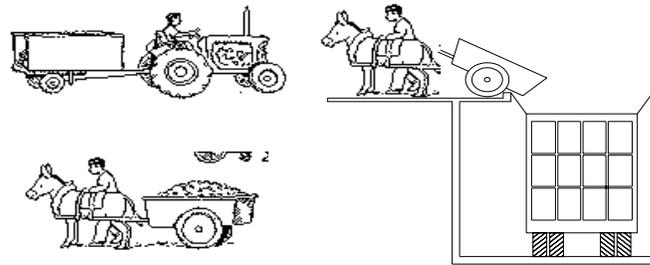


Fig. 3.4.1 Tipos de vehículo y de sistema de transferencia para localidades de difícil acceso

(Adaptado de Alegre, 1997)

3.5.4 Ubicación y Dimensiones de la Estación de Transferencia

La ubicación correcta de la Estación de Transferencia es muy importante para asegurar la economía del sistema. Cuando un vehículo recolector transporta residuos es muy costoso, especialmente si cuenta con un gran personal (chofer y dos ó tres cargadores), por lo que para minimizar ese costo es importante que la Estación de Transferencia esté lo más cercana posible de las rutas de recolección. El sitio ideal estaría ubicado entre el centro de gravedad de las rutas de recolección y el sitio de destino próximo, aunque frecuentemente esto es muy difícil de llevar a la práctica.

Una Estación de Transferencia debe tener una superficie adecuada, no sólo para la operación principal, sino para posibles requerimientos auxiliares que pueden incluir por ejemplo, a las oficinas administrativas, las balanzas, estacionamientos para los equipos de transporte, zonas de mantenimiento, lavaderos de vehículos, servicios para el personal (vestuarios, sanitarios, comedor, estacionamiento de visitas y empleados, etc.). Teniendo en cuenta además que, por concepto, una Estación de Transferencia debe estar ubicada en zonas medianamente pobladas, debe tratar de asegurarse el menor impacto hacia el entorno, y ello puede dar lugar a la necesidad de mucho espacio para obras que intentan minimizar impactos negativos, como pueden ser por ejemplo el olor y el ruido, reservándose sectores para cortinas vegetales o cualquier otra forma de lograr los objetivos buscados. Aunque las necesidades son muy variables, las superficies requeridas para una Estación de Transferencia serían aproximadamente las que se indican en la tabla siguiente (Alegre, 1997).

Tabla 3.4.3 Área requerida para diseño de Estación de transferencia, según capacidad

Capacidad de la Estación (Ton/jornada)	Superficie Requerida (hectáreas)
100	1 a 2
500	1.5 a 3
1000	3 a 6.5
1500	4 a 8

Estos valores son variables, y en general más altos que los considerados hace algunos años, dado que en una superficie grande se puede lograr un menor impacto visual hacia el entorno, y se reducen drásticamente los niveles de ruido que puedan afectar las propiedades vecinas. Asimismo permiten ubicar adecuados caminos internos para acomodar las filas de los vehículos recolectores, especialmente en los horarios picos, y elimina inconvenientes en las calles públicas (CEAMSE, 2006).

3.5.5 Transporte y Transferencia en Pequeñas Localidades

Siguiendo tales lineamientos, es por ello que las Estaciones de Transferencia se pueden construir, en diferentes escalas según sea el tamaño de las poblaciones a abastecer, para disminuir los costos del sistema de manejo de los residuos con una mejor eficiencia en el servicio de recolección, procurando un eficaz sistema de recolección, agilizando la recolección de residuos, evitando mayores inconvenientes del tránsito, disminuyendo los costos de transporte y logrando la ventaja adicional en la operación de los Rellenos Sanitarios [ver sitios de Disposición Final], por la menor cantidad de vehículos a ingresar y operar en el área. Además han resultado en un rápido incremento en el número construido en

las últimas tres décadas, especialmente en aquellos países, cuyas poblaciones, no cuentan con sitios de acopio, tratamiento y disposición final, para sus residuos generados.

Sería ideal que cada localidad cuente con su propia estación de transferencia, aunque para cubrir los gastos y esfuerzos, que requiere su implementación y operación, es más conveniente que varias localidades se sirvan de una sola estación de transferencia. Por otro lado cada pequeña localidad o grupo de estas tienen características diferentes [ver Recolección] y dependiendo de estas se puede adaptar los diferentes tipos de sistemas de transferencia, con el cual puedan cubrir sus necesidades, cumpliendo con los requerimientos mínimos que exige la normatividad para este tipo de obra fundamental en el manejo de los residuos sólidos municipales.

3.6 TRATAMIENTO

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL el tratamiento.

3.6.1 Antecedentes

Hoy en día, nuestra normatividad mexicana todavía no obliga a los Municipios ni a las Empresas a tratar bajo procedimientos específicos a los residuos sólidos municipales generados antes de ser dispuestos en sitios para su confinamiento. Para el caso de los residuos peligrosos, desde que se publicó la NOM-055-ECOL-1993 (actualizada como la NOM-055-SEMARNAT-2003) se señaló que los residuos peligrosos deben estar estabilizados previamente, recibiendo un tratamiento previo biológico, térmico, y/o químico para su posterior confinamiento. Inclusive la NOM-087-ECOL-SSA1-2002 especifica que para los residuos peligrosos biológico-infecciosos deben ser tratados por métodos físicos o químicos que garanticen la eliminación de microorganismos patógenos y puedan ser dispuestos en los sitios autorizados. Pero con respecto a los residuos sólidos municipales (residuos no peligrosos) no existe una normatividad similar que recomiende siquiera un tratamiento o pretratamiento para su confinamiento; solo en el Distrito Federal, bajo la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal publicada en el 2003, solo se recomienda la Valorización de los residuos sólidos municipales mediante la reutilización, remanufactura, rediseño, reprocesamiento, reciclado y recuperación de materiales secundarios con lo cual no se pierde su valor económico, como por ejemplo para los residuos orgánicos, lo es la recuperación de biogás o producción de composta.

3.6.2 Generalidades

El tratamiento es la penúltima etapa del sistema para el manejo integral de los residuos sólidos, pues antecede a la etapa de la disposición final, si es que los residuos no pudieron ser reutilizados, reciclados o tratados. Es la actividad en donde se transforman las propiedades físicas y/o químicas de los residuos sólidos desechados, para su posterior reprocesamiento y reincorporación en su ciclo de vida. Las operaciones apropiadas del tratamiento deben ser cuidadosamente seleccionadas, para que el reaprovechamiento del material sea completo y rentable.

Un tratamiento es el conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de los residuos, con el fin de obtener un producto nuevo y/o simplemente recuperar el material original en condiciones adecuadas para su comercialización. Estos pueden ser tan sencillos y complejos como se desee, según sean las necesidades y recursos de los transformadores. Los transformadores pueden ser desde una persona que desee realizar la transformación del material en su domicilio o un grupo de personas que conformen una pequeña o mediana empresa, o hasta las Empresas Transformadoras de un producto o varios, la cual cuenta con suficiente infraestructura y organización para procesar grandes volúmenes de material de desecho.

3.6.2.1 Clasificación de los Tratamientos

Existen diferentes formas de transformar los materiales para su revalorización; y utilizan los mismos principios que se utilizan en la industria manufacturera de productos nuevos. El proceso de tratamiento puede ser más limpio, si el material de desecho es más limpio, desde su generación. Los tratamientos que pueden ser utilizados para transformar los residuos comúnmente encontrados en la composición de Residuos Sólidos Municipales de las Pequeñas Localidades son: los Biológicos para Residuos Orgánicos, los Químicos y Fisicoquímicos para los Residuos Inorgánicos y los Térmicos para ambos. Los tratamientos Físicos, son considerados como pretratamientos o procesos de acondicionamiento, al principio y final del tratamiento de transformación de las propiedades del material, y se usan tanto para orgánicos como inorgánicos. A continuación se presenta en la tabla 3.5.3 la clasificación típica de los tratamientos de los residuos sólidos.

Tabla 3.5.1 Clasificación de los tratamientos para RSM

Tratamientos	Procesos	Tratamientos	Procesos
Físico	Trituración Tamización Compactación Separación Magnética Separación por Densidad	Fisicoquímico	Precipitación Solidificación Estabilización Vitrificación Encapsulamiento
Químico	Combinación Descomposición Sustitución Neutralización Oxidoreducción	Térmico	Incineración Pirólisis Gasificación Termoquímicos Temple Recocido
Biológico	Digestión Aerobia Digestión Anaerobia		

A continuación se describe cada uno de estos tratamientos para RSM, sin embargo no todos los tratamientos que se describe se aplican directamente en las fuentes de generación de las pequeñas localidades, pues la mayoría de estos tratamientos requieren de tecnología un tanto sofisticada. Sin embargo los RSM generado en las PL, pueden ser reaprovechados al ser enviados responsablemente a tomar este tipo de tratamiento para ser reciclado completamente.

3.6.2.2 Tratamientos Biológicos

Consisten en transformar los residuos orgánicos en metano, anhídrido carbónico, material celular y/o compuestos no biodegradables, mediante procesos de digestión, asimilación y metabolización, llevados a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros microorganismos. Los tratamientos biológicos principalmente son: Digestión Aerobia y en Digestión Anaerobia.

3.6.2.2.1 Digestión aerobia

Consiste en la transformación de material orgánico degenerado en materia orgánica renovada, en forma de humus (composta), cuyo valor incide en que puede ser utilizado como un biofertilizante o acondicionador de suelos (Este proceso también es conocido como Compostaje).

3.6.2.2.2 Digestión anaerobia

Consiste en transformar los residuos orgánicos en un combustible gaseoso (biogás, generalmente metano y dióxido de carbono), cuyo valor incide en que puede ser utilizado como combustible para la generación de energía eléctrica e inclusive calorífica (Este proceso también es conocido como Biometanización).

3.6.2.3 Tratamientos Físicos

Consisten en separar los diferentes materiales que componen a los residuos y/o reducir su volumen o tamaño, se realizan en ausencia de una reacción química o biológica, o de una posible transferencia de fases. Se usan para no cambiar las características químicas del residuo. Son utilizados como pretratamientos pues solo acondicionan el residuo para poder ser transportado y manejado posteriormente en algún tratamiento químico o biológico. Las operaciones básicas son la separación y la reducción de volumen (o tamaño). Los tratamientos físicos principalmente son: Trituración, Tamización y Compactación (que pueden agruparse en tratamientos físicos para su reducción de volumen), Separación Magnética y Separación por densidad (que se pueden agrupar en tratamientos físicos para su separación de otros materiales).

3.6.2.3.1 Trituración (Molienda)

Mediante molinos se trituran los residuos de gran granulometría, para reducir sus dimensiones de tamaño de partícula (partículas sólidas) entre 80 y 150 mm, 15 y 100 mm y 0.5 y 20 mm. De esta manera se reduce el volumen específico de la carga para su almacenamiento o para posteriores etapas de trituración. Por otro lado, mediante la trituración se puede obtener una granulación uniforme de los residuos. Este tipo de tratamiento es ideal para el triturado de neumáticos y perfil de aluminio, para cable de cobre y aluminio, entre otros productos con costos de operación y mantenimiento extremadamente bajos (RMDSA, 2005).



3.6.2.3.2 Tamización

Mediante cribas (tamices o mallas) de diferentes tamaños, se separan los diferentes tamaños de partículas, que resultan de una trituración, y así se realiza la clasificación y limpieza del producto terminado, dejándolo completamente preparado para su envasado o uso directo. Las cribas, se construyen con rejillas de diferentes granulometrías fácilmente intercambiables.

3.6.2.3.3 Compactación

Es la operación por medio del cual se trata de densificar (compactar) la masa del residuo, a través del proceso artificial por el cual las partículas de material del residuo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción de la cantidad de vacíos, empleando medios mecánicos.

3.6.2.3.4 Separación Magnética

Mediante imanes se separan la mayor cantidad de material férrico contenido en el proceso de una manera sencilla y eficaz, debido a que el hierro es el mayor enemigo de los procesos de reciclado electromecánicos, pues reduce drásticamente la vida útil de la maquinaria y degrada la calidad final del producto.

3.6.2.3.5 Separación por Densidad

Mediante la densidad que tienen los diferentes materiales que componen un residuo, estos pueden ser separados generalmente en una fracción ligera y una fracción pesada. Se puede realizar la separación de un sólido contenido en un líquido o de un sólido contenido en otro sólido. La primera puede ser por flotación (cuando el sólido es más ligero que el líquido) o por sedimentación (cuando el sólido es más pesado que el líquido). La segunda puede ser por arrastre del sólido más ligero a través de agua o aire.

3.6.2.4 Tratamientos Químicos

Consisten en convertir al(los) compuesto(s) del residuo en otro(s) con características físicas y/o químicas diferentes, mediante reacciones químicas; con el fin de poder separar el material de interés (mediante el cambio de características físicas) o de obtener una nueva materia prima (mediante el cambio de características químicas), y de esta forma pueda ser manufacturado(a) en un producto nuevo. Los tratamientos químicos pueden efectuarse mediante reacciones de Combinación, Descomposición, Sustitución, Neutralización y Oxido/Reducción y por los cuales determinan su clasificación.

3.6.2.5 Tratamientos Físicoquímicos

Se usan para soluciones acuosas de residuos (los residuos sólidos disueltos en algún disolvente apropiado) que se desean concentrar o extraer para su posterior tratamiento o recuperación. Estos son la combinación de procesos químicos y físicos para un tratamiento completo del residuo. Pueden o no cambiar las propiedades físicas o químicas del material del residuo. Los tratamientos fisicoquímicos más comunes para los residuos sólidos son: Precipitación, Solidificación, Estabilización, Vitrificación, y Encapsulamiento.

3.6.2.6 Tratamientos Térmicos

Se usa para disminuir el volumen de un residuo mediante la descomposición térmica vía oxidación a altas temperaturas generando productos de la combustión (como CO₂, H₂O, H₂, O₂, N₂, S₂, halógenos y/o fósforos); o para endurecerlo físicamente sin producir productos de combustión, mediante las etapas de: calentamiento hasta la temperatura adecuada, mantenimiento a esa temperatura hasta obtener uniformidad térmica, y enfriamiento a la velocidad adecuada. Pueden clasificarse en aquellos: sin cambio de composición (aquellos en cuyo tratamiento no varían los componentes). Principalmente en este tipo de tratamiento se encuentra la incineración, la pirólisis y la gasificación.

3.6.2.6.1 Termoquímicos

A este grupo pertenecen los tratamientos de cementación (enriquecimiento superficial de carbono con él se logra que la capa exterior adquiera gran dureza mientras el núcleo permanece sin cambios), nitración (por la absorción de nitrógeno, se obtiene una fina capa de nitruros de hierro de gran dureza) y cianuración (es una variante de la cementación y nitración por la que las sustancias ceden nitrógeno y carbono). La finalidad de todos ellos es la de obtener una capa exterior muy dura y resistente, mientras el núcleo de la pieza queda con menor dureza aunque con mayor resistencia. De los tratamientos termoquímicos más conocidos se encuentran el templado, el recocido y la fundición.

3.6.3 Tratamientos de los materiales más comunes

A continuación se describen los tratamientos que reciben los materiales más comunes encontrados en la composición de RSM en las localidades pequeñas y que normalmente se reciclan en México.

3.6.3.1 Residuos de comida y jardín

Los residuos de alimentos y de jardinería procedentes de los domicilios, pueden ser tratados mediante varias técnicas de tratamiento biológico. Como lo es la conversión de los residuos orgánicos en composta, la cual es una técnica conocida y de fácil aplicación, que permite tratarlos de manera racional, económica y segura y conservar los nutrientes presentes en estos residuos, aprovechándolos en agricultura. Consiste en la descomposición biológica, en condiciones controladas, aerobias y termo filas, de los residuos orgánicos.

3.6.3.2 Hule y Neumáticos

El caucho o hule, es una sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El natural se obtiene de un líquido lechoso de color blanco llamado látex, que se encuentra en numerosas plantas. El sintético se prepara a partir de hidrocarburos insaturados. En México fue muy utilizado desde la época prehispánica para la fabricación de pelotas, que se utilizaban en el juego de pelota, deporte religioso y simbólico que practicaban los antiguos mayas. Su mayor uso es la fabricación de neumáticos, pero también es muy usado para la fabricación de artículos de caucho blando, como guantes, láminas y tuberías.

Los neumáticos desechados se pueden procesar térmicamente mediante previa trituración y posterior termólisis, el cual es un proceso termoquímico, que consiste en calentar a determinada temperatura el material, para descomponerlo y obtener un gas y un producto carbonado. De este último, bajo separación mecánica, se obtiene el acero y carbón. El acero contenido en los neumáticos puede ser vendido como tal, y el carbón es enviado a combustión junto con los gases resultantes de la termólisis (RMDSA, 2005). Las posibilidades de reciclaje de los neumáticos, es decir, el aprovechamiento de sus componentes materiales para otros usos distintos de la valorización energética ha experimentado en los últimos tiempos un importante aumento. Entre los posibles usos de los materiales reciclados procedentes de los neumáticos y hules, están la fabricación de asfaltos y ciertos materiales para obras civiles. Existen experiencias en la utilización como combustible de los neumáticos enteros o triturados, tanto en plantas de residuos como en otro tipo de plantas industriales, (cementeras, ladrilleras, etc.). Otros tratamientos que pueden recibir son la vulcanización y la criogenación.

3.6.3.3 Metales

Los metales son minerales que resultan de procesos geológicos. Cada metal tiene diferentes propiedades: maleabilidad, conductividad, ductibilidad, densidad, opacidad, y dureza variable. Se hallan en estado sólido (excepto el mercurio) y tienen una apariencia opaca, que cambia a lustrosa cuando se quiebra al extraerse. Los metales se convierten en un material maniobrable cuando son sometidos a altas temperaturas o por la fricción del simple martillado, o al someterlo a la fundición con el uso de carbón y fuego. Este proceso de fundición permite asimismo separar las partículas de metal puro de otros elementos, considerados como impurezas (Wehenpohl, 1999)

La recuperación de los metales presentes en los RSM es una de las formas más económicas de valorizar los residuos. Normalmente, los residuos férricos se separan mediante electro imanes, y por selección manual o mediante diferentes métodos densimétricos o de corrientes inducidas del resto de metales. El metal de menor valor es el hierro, y su chatarra se compra en los mercados internacionales entre 50 y 70 dólares la Tonelada métrica. Para añadir valor al metal recuperado y facilitar el almacenaje y transporte es conveniente compactar en prensas la chatarra o bien proceder al fundido y obtención de lingotes. La mayoría de los metales pueden ser utilizados en la industria metal mecánica nuevamente o inclusive utilizados como material para elaborar artesanías. Las técnicas de decorar la superficie de la pieza son: el calado, el repujado, el embutido, el cincelado, el grabado, y la incrustación. (Wehenpohl, 1999). Típicamente el reaprovechamiento de los metales consiste en su venta directa, a los diferentes fabricantes de productos específicos de uno o varios metales determinados, pero para ellos es necesario que sean separados y seleccionados previamente. Los recolectores o seleccionadores (chattereros, en este caso), acopian todo tipo de metales sin separarlos y los llevan a empresas acondicionadoras, las cuales se encargan de separarlos en metales férricos y no férricos, o en cada tipo de metal, para después compactarlos y formar paquetes de determinado peso, para su posterior venta. Ya en las plantas tratadoras, pueden ser reprocesados bajo cualquier tipo de tratamiento térmico.

3.6.3.4 Papel

El papel es un conglomerado de fibras de celulosa dispuestas irregularmente y fuertemente adheridas entre sí en una superficie plana. La celulosa del papel puede provenir de diferentes fuentes vegetales pero principalmente de la madera, así como también del algodón, el lino, la caña de azúcar, la paja, alfalfa, etc. La composición de estas fuentes de celulosa de acuerdo al tamaño de las fibras y al ángulo de las cadenas de celulosa determinará las características del papel.

El reciclado de papel tiene como inconveniente que, una vez separadas las fibras, estas quedan con impurezas, como plásticos o tintas, que deben ser separados para hacer un papel de calidad. Los plásticos, se separan aprovechando su baja densidad. Para el caso de la tinta, la misma se separa de la pasta por medio de sistemas de flotación. Este sistema consiste en generar burbujas de aire que arrastren hacia la superficie la tinta, que una vez en la superficie es fácilmente retirada. Para el blanqueo de la pasta de papel reciclado no se necesita un tratamiento tan fuerte, como en el caso de la pasta virgen, ya que esas fibras pasaron previamente por el blanqueo en sus anteriores procesos de elaboración de papel. Las fibras se colocan en una suspensión acuosa para que puedan unirse convenientemente y posteriormente realizar el proceso de secado. Este proceso es similar al de fabricación de papel, una vez que se consiguió la pasta de papel. Una vez finalizado el proceso se obtiene una lámina de papel con una proporción de humedad comprendida entre el 7% y el 9% (Wehenpohl, 1999).

3.6.3.5 Cartón

El cartón es una variante del papel compuesta por varias capas de éste, que combinadas y superpuestas le dan su característica rigidez. La fabricación de cartón reciclado es muy similar a la elaboración del cartón a partir de materia virgen. El primer paso consiste en colocar las bobinas o rollos de papel en la maquina corrugadora. Para esto se desenrolla el cartón de los límites o caras de un primer rollo, y debajo de este se coloca el segundo rollo de cartón que será utilizado para formar el corrugado interior, al hacerlo pasar por los rodillos que le dan la ondulación característica, posteriormente se engoma y se pega al primer rollo de cartón que se esta desenrollando para formar la cara. En caso de necesitarse un doble corrugado se pasa a una segunda etapa que engoma el corrugado por el lado que quedo libre y se pega la segunda cara. Posteriormente, el cartón pasa por una sección de calor que fijará la unión correctamente, para luego ser llevado, en medio de una banda a la sección de enfriamiento. Donde a continuación pasa por la sección de corte, que dependiendo de los requerimientos para lo cual se va a utilizar, el cartón corrugado se corta en láminas de distintos tamaños. Una vez terminadas, las laminas de cartón corrugado son primeramente impresas con el diseño gráfico característico que llevara la caja o envase, para posteriormente ser cortadas y marcadas en la maquina troqueladora para formar las diferentes partes del envase o de la caja. Existen algunas maquinas que tienen estos procesos integrados, de cualquier forma la ultima parte del proceso consiste en el pegado donde normalmente se realiza en una maquina por separado donde se engoma o se engrapan las uniones de la caja o envase (Wehenpohl, 1999).

3.6.3.6 Plásticos

Los plásticos son materiales poliméricos (macromoléculas, de alto peso molecular), unos naturales, como el caucho y la cera, y la mayoría artificiales o sintéticos (PET, PVC, rayon, nylon, poliestireno expandido, mejor conocido como unicele, entre otros) que tienen la propiedad de adaptarse a distintas formas como laminado o hilado (Wikipedia, 2005). A partir de 1976, los plásticos son usados para la fabricación de envases ligeros, transparentes (en la mayoría de los casos) y resistentes principalmente para bebidas. Sin embargo, es el PET (polietileno de tereftalato) el que ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques. En México, se comenzó a utilizar para este fin a mediados de la década de los ochenta (APREPET, 2005).

En general los polímeros, como el PET, pueden ser transformados en botella mediante un proceso llamado biorientación de preformas, las cuales son moldeadas en equipos de inyección. El moldeo de las preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde hasta llenarlo. Una vez lleno, la resina del polímero fundido se enfría rápidamente para obtener así una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y una magnífica exactitud dimensional lo cual es esencial para obtener botellas de excelente calidad. El proceso de inyección puede ser dividido en las siguientes fases: 1. Secado del granulado hasta lograr que el contenido de humedad sea menor a 40 ppm. 2. Fusión del polímero en un equipo de inyección, utilizando de preferencia el husillo que esté diseñado especialmente para PET, aunque un husillo convencional, de longitud 20:D y una relación de compresión de 3:1, puede ser de utilidad. 3. Inyección del material dentro de las cavidades del molde, que normalmente es de colada caliente, aunque los de colada convencional también pueden encontrar alguna aplicación. 4. Enfriado rápido del material dentro del molde para obtener piezas amorfas (transparentes). y 5. Apertura del molde y expulsión de las preformas (APREPET, 2005).

3.6.3.7 Multicapas

El material multicapas es el término que se utiliza para denominar a todos los envases de cartón plastificado para alimentos, los cuales fueron inventados y fabricados por la empresa sueca que dio nombre a su propia marca (TETRAPAK®). Su principal envase es el envase de forma rectangular (utilizado para leche y jugo), y generalmente esta hecho con un 75 a 80% en peso de un cartón, un 15 a 20% en peso de polietileno y una hoja de aluminio que representa un máximo del 5% del peso del envase. Generalmente son usados para contener bebidas y otros alimentos líquidos como vino, refrescos, aceite, salsas, agua, etc. Los empaques de multicapas juegan un rol muy importante en las actividades de consumo cotidiano, pues son envases seguros y prácticos de manejar, por esta razón la empresa como tal ha crecido a lo largo de más de 50 años, teniendo sucursales distribuidas por todo el mundo. Sin embargo las grandes cantidades de material de post consumo y el material de rechazo en el procesos de producción son alarmantes, tanto para las empresas como para los gobiernos de los diferentes países. Así que el proceso de reciclaje tiene gran importancia para este material, del cual se puede obtener celulosa, PET y aluminio (TETRAPAK®, 2006).

Actualmente se puede reprocesar este tipo de envases a través del proceso denominado "hidropulpado", el cual es un proceso que se usa para separar las fibras de papel con las que se produce pasta, que a su vez se transforma en papel y cartón. Es ampliamente usado para reciclar residuos de papel, cartón y cartones para bebidas, permitiéndoles transformarse en nuevos productos de papel. Los cartones se repulpan a veces con otras clases de papel. Son plantas papeleras las que realizan el repulpado de cartones para bebidas usados. El polietileno y el aluminio son después retenidos por una serie de filtros que dejan pasar el agua y las fibras de papel que se utilizan para nuevos productos de papel reciclado. Una línea de hidropulpado recupera hasta el 98% de las fibras de los cartones para bebidas. Otra forma de reprocesamiento es la fabricación del multicapas comprimido (TECTÁN® o MAPLAR® en España), productos de marca registrada, los cuales son productos aglomerados fabricados a partir de la trituración y prensado de los envases multicapas; su composición es la misma que la de los envases originales, es decir, cartón, polietileno y aluminio, que son aislantes térmicos y acústicos, además de gran resistencia a la humedad. El material ya se utiliza en varios países del mundo como reemplazo a la madera en diversas obras de construcción. En Brasil y Argentina, este insumo ya se fabrica y utiliza hace años, aunque en el caso de Chile es la primera vez que se emplea en fabricación de viviendas básicas (Alliende, 1996). Con dichos productos se pueden elaborar desde mobiliario urbano, industrial y residencial (bancos, papeleras o suelos) hasta elementos de decoración como quioscos y jardineras, decido a que el material es suficientemente rígido y estético (Cartonbebidas, 2005).

3.6.3.8 Textiles

Antiguamente el trapo de lino, de cáñamo y de algodón, servía como materia prima del papel, debido a que la disponibilidad de la celulosa era limitada, por lo que las pequeñas empresas papeleras se instalaban cerca de los establecimientos textiles que desechaban lino en bruto o trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de lino, incluidos los desperdicios de hilados y las hilachas. Actualmente, los textiles y cueros procedentes de la recogida selectiva de los RSM se separan por calidades (lana, algodón, fibras sintéticas, etc.) y se desguzan para su comercialización como trapos industriales, previo lavado y desinfección. Los no comerciables pasan directamente a valorización energética, mediante un tipo de tratamiento térmico (Conesa, 2005). Existen algunas telas que inclusive pueden ser deshilachadas para volver a ser fabricadas como una tela a partir de materia virgen, el proceso lo permite si estas son de origen limpio (ropa y trapo libre de gérmenes patógenos), sin embargo la normatividad de varios países prohíbe la fabricación de telas nuevas a partir de telas de desecho.

Para fabricar o refabricar una tela, lo primero que se determina es el tipo de fibra o materia prima que se utilizará en el tejido. Una vez que se tiene la materia prima, las fibras se transforman en rollos de hilo (se hilan) para ser utilizadas en un telar que fabrica la tela. Después viene la etapa de la coloración donde la tela se tiñe con pigmentos minerales, vegetales o sintéticos. El hilado de las fibras de un solo color, se lleva a cabo en un telar plano, y de varios colores se utilizan dos o más grupos de carretes o conos de hilado con los diversos colores. Estos grupos de hilados se les denominan urdiembre y trama. A lo largo del telar se utilizan los hilos de la urdiembre y a lo ancho los de la trama. Primero se ubican los hilos de la urdiembre en forma paralela a lo largo del tejido. Luego comienzan los hilos de la trama a pasar transversalmente entre los hilos de la urdiembre. El color de las telas puede obtenerse de diversas formas; se puede teñir la materia prima (fibra virgen o de desecho) antes de ser hilada, una vez que está hilada o cuando ya es una tela.

3.6.3.9 Vidrio

El vidrio es una mezcla de sílice, carbonato de calcio, carbonato de sodio y otros aditivos, estos pueden ser recuperados de contenedores públicos, de bares, de particulares. Pueden ser tratados mediante la fragmentación, limpieza y fundición, para ser reprocesados nuevamente, o mediante lavado y rellenados para ser reutilizados tal cual se recuperó el envase o pieza de vidrio. El proceso posterior a su recepción en la planta, consiste en la clasificación en calcin blanco/color o botellas por tipos, descapsulado, lavado, control de calidad, paletizado, almacenamiento y venta.

La primera utilidad del vidrio recogido mediante recogida selectiva es su envío a las fábricas para su reconversión en envases. Como alternativas se cuenta con la fabricación de envases de vidrio normal, vitrocerámicas, o vidrio templado. Las vitrocerámicas son la mezcla del vidrio triturado con arcillas para conseguir cerámicas, para la fabricación de piezas sinterizadas, la utilización en talleres ocupacionales o la formación de piezas moldeadas. El vidrio templado térmicamente es un vidrio sometido a un proceso de calentamiento hasta su plastificación y enfriamiento brusco con aire, lo cual le confiere un aumento destacable de su resistencia mecánica y térmica sin que sus propiedades luminosas o energéticas se vean alteradas. En caso de rotura, se fragmenta en trozos muy pequeños, reduciendo al máximo el riesgo de heridas y daños materiales de personas y bienes que se encuentren junto a éste, por lo que es considerado un vidrio de seguridad (SGG, 2002). El proceso de templado es producido por el calentamiento y enfriamiento del vidrio para conseguir un proceso interno de stress, de forma tal que la superficie trabaje a la compresión deseada; esto fortalece el vidrio, dado que el vidrio se rompe solo bajo una tensión; y para romper el vidrio debe ser quebrada la compresión inducida mencionada anteriormente. Una actividad, de relativamente bajo costo de implantación y alta rentabilidad es la transformación de los vidrios en losetas de, 25 mm de lado, mediante trituración, prensado y sinterizado en horno.

3.6.3.10 Madera

Las maderas son un combustible utilizado en muchos países, ya que en los desechos ocupan un espacio considerable por sus dimensiones, sin embargo al hacerlo se desperdicia terriblemente un recurso natural escaso en nuestros tiempos. La falta de leña provoca la tala de árboles y la consiguiente deforestación, representando un grave problema. La madera que se recoge como RSM proviene, fundamentalmente, de muebles viejos, restos de poda y jardinería, residuos de demolición (vigas, ventanas puertas, etc.), restos de embalaje, entre otros (Conesa, 2005). Generalmente las maderas que proceden de una selección manual, se separan en maderas que tengan un valor en su forma y estado actual para su venta directa para reutilización; en maderas que son utilizables como materia prima para fabricación de aglomerados para la industria del mueble, en maderas que pueden servir como materia prima para la obtención de gas en plantas de transformación de biomasa, y el resto puede pasarse a un triturador, con previa adición de un aglomerante, para ser convertidas en bloques (o ladrillos) para su venta como material de construcción o como combustible.

Su tratamiento es sencillo y consiste en los siguientes pasos: 1. separación de grapas y trituración y astillado de la madera. 2. Una vez separadas las grapas, serán fundidas, consiguiendo hierro/acero. 3. La madera se compacta y se tritura, pudiendo usarse la astilla para fabricar Tableros para muebles, Composta, Ladrillos o Bloques para calefacción, Aislante térmico y acústico para construcción, y Pasta para papel.

3.6.4 Empresas que ofrecen tratamiento de materiales reciclables

Sin duda el lector podrá encontrar mayor cantidad de empresas que se dedican al reciclaje y tratamiento mismo de los diversos materiales recuperados dentro de la población, pues esta industria esta creciendo rápidamente y varias de ellas todavía operan en pequeña escala o no se encuentran registradas en los institutos o asociaciones, que ayudan a difundirlos e incorporarlos a la industria formal del reciclaje de residuos, como el INE (Instituto Nacional de Ecología), INARE (Instituto Nacional de Recicladores), APREPET (Asociación para Promover el Reciclado del PET A.C. o AMCRESPAC (Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C.). En el Anexo III-6 se muestran algunas de las empresas dedicadas a la labor del reciclaje y tratamiento de algunos o varios residuos sólidos, que sin duda son conocidas por su tamaño e infraestructura en el país.

En México existen varias empresas dedicadas a la industria del reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos. Algunas de ellas inclusive cooperan con las autoridades para la promulgación de nuevas normas y medidas que promuevan el reciclaje o informan a la población en general sobre las ventajas del reciclaje. En el país existen empresas dedicadas, desde hace varios años, a la recolección y reciclado de ciertos residuos como el PET, vidrio, algunos metales, papel y cartón. Entre ellas se destacan Avangard, Dimexa, Ecoltec, Recicladora Cachanilla, Reciclados Crisol y Vitro.



3.7 DISPOSICIÓN FINAL

A continuación se describe un breve antecedente, ciertas definiciones generales y una breve descripción de cómo se efectúa en PL la disposición final.

3.7.1 Antecedentes

El control de los RSM generados en el país se inició en la época precortesiana, cuando la salud pública en México quedó legalmente sustentada en 1891. La primera obra de gran magnitud para el control de los RSM, se realizó en la década de 1960, cuando en la ciudad de Aguascalientes se diseña y opera el primer relleno sanitario del país (CCISSSA, 2006). Es obvio que no existen las suficientes instalaciones en México para manejar adecuadamente los RSM. Solamente hay 100 rellenos sanitarios en México y de acuerdo a un estudio de la SEDESOL solamente 11 de estos cumplen los requerimientos técnicos necesarios para manejar adecuadamente los residuos (Bustani, 1994).

Si se estima que en pequeñas localidades se generan de 200 a 350g/hab de RSM diariamente, en estudios de generación realizados por el INEGI en pequeñas comunidades, y se sabe que en el año 2000 existían 196,157 pequeñas localidades en todo el territorio nacional con una población de 24,639,761 habitantes (CONAPO-1, 2000), se puede considerar que las pequeñas localidades tienen una generación de RSM de por lo menos 4,900 Ton/día, poco menos de la mitad generada por la población del Distrito Federal (11,000Ton/día). De la mayoría de estas casi 5,000 Toneladas generadas puede suponerse que son quemadas, dispuestas en tiraderos a cielo abierto o efluentes; debido a que existen solo 100 Rellenos Sanitarios en el territorio Nacional, que benefician solo a 29 mil habitantes de los aproximadamente 100 millones de habitantes totales en el país.

Sólo aproximadamente el 35.7% de la población de México recibe servicio por algún tipo de infraestructura de relleno sanitario, generalmente las grandes ciudades. Como la Ciudad de México y las capitales en Jalisco, Nuevo León, Oaxaca y Yucatán se ubican las cinco plantas de tratamiento para residuos sólidos municipales de México. Aún con tales plantas los estados de Jalisco y Oaxaca todavía tienen una infraestructura inadecuada. En general, solamente 7 de los 32 estados de México tienen instalaciones razonablemente adecuadas para eliminar los residuos sólidos municipales. Estos estados son: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Hidalgo, Nuevo León, Quintana Roo y Zacatecas (Bustani, 1994). Muchos países como el Reino Unido, Japón, Alemania, Francia y España, adoptaron como solución, del envío de residuos a sitios de disposición y la minimización de los residuos urbanos, el reciclado y el compostaje en combinación con la incineración de los residuos, no obstante los elevados costos que estos servicios puedan representar para la gestión pública. Sin embargo, sigue siendo necesario almacenar, enterrar, volatilizar y destruir, por el sistema que los expertos indiquen, toneladas y toneladas de residuos de todo tipo, orgánicos e inorgánicos así como instalar centros destinados al aprovechamiento y la eliminación de residuos (Carvalho, 2000).

3.7.2 Generalidades

La disposición final es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (LRSDf, 2003). En ellos se deben enterrar los materiales de desecho en terrenos adecuados y ser cubiertos periódicamente con un material de cubierta, además de otros controles, que regularmente no cumplen la mayoría de los sitios por carecer de cierta infraestructura necesaria. A continuación se describen algunas de las generalidades más relevantes sobre la disposición final de los RSM.

3.7.2.1 Sitios de Disposición Final

A continuación se describen los sitios de disposición final más comunes.

3.7.2.1.1 Relleno Sanitario

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población. La obra de ingeniería consiste en preparar un terreno, colocar los residuos extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo con una capa de tierra de espesor adecuado. Un relleno sanitario planificado y ambiental de las basuras

domesticas ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario; como actividades silvoagropecuarias o campos deportivos, en el largo plazo.

El relleno sanitario es un sistema de tratamiento y, a la vez disposición final de residuos sólidos en donde se establecen condiciones para que la actividad microbiana sea de tipo anaeróbico (ausencia de oxígeno). Este tipo de método es el más recomendado para realizar la disposición final en países subdesarrollados o vías de desarrollo como el nuestro, en donde no se tiene suficiente infraestructura para el reaprovechamiento de los RSM mediante reuso o reciclaje, pues se adapta muy bien a la composición y cantidad de residuos sólidos producidos.

En algunos países cuyos rellenos sanitarios tienen cierta infraestructura, e incluso, en Monterrey, se puede agregar valor a los residuos que entran a un relleno sanitario a través de la recolección y uso subsiguiente del biogás del relleno sanitario. Este gas proviene de la descomposición anaerobia de materia orgánica. Se pueden instalar sistemas de extracción de gas para su recolección y posterior uso para producir electricidad ó para ser usado junto con gas natural como combustible.

3.7.2.1.2 Tiradero a cielo Abierto

Es quizá el sitio de disposición final más adoptado por las poblaciones que carecen de recursos económicos para poder construir un sitio de confinamiento apropiado para el enterramiento de los RSM. Generalmente es un lugar elegido al azar por un grupo de habitantes de una o varias poblaciones para servirse a depositar sus desechos sólidos, sin ningún tipo de control sanitario, y por ende carece de los lineamientos exigidos por la normatividad de índole ambiental, como: estudios de agua y suelo del terreno, diseño y preparación del terreno, procedimientos de operación y sistema de cubierta de los residuos, entre otras características más. Son conocidos también como tiraderos, vertederos, basurales o basureros, que generalmente son lugares en donde se deposita finalmente la basura clandestinamente.

En la mayoría de las localidades de los municipios en donde el sitio de disposición es un tiradero, lejos de ser clandestino, este es el sitio "oficial" para disponer los residuos de la población, como consecuencia de no disponer de los recursos necesarios para la construcción de un sitio adecuado. Sin embargo en la norma oficial mexicana, NOM-083-SEMARNAT-2003, en su artículo 11.1 sobre el Cumplimiento de la misma, se determina que todos los sitios de disposición final deberán apegarse a esta norma a partir de su puesta en vigor, es decir a los 60 días de su publicación (20 de octubre del 2004). Desde su norma antecesora, la NOM-083-SEMARNAT-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, publicada el 25 de noviembre de 1996, ya se determinaba que a partir de su puesta en vigor, los sitios de disposición que no cumplieran con sus lineamientos debían ser regularizados. A casi 10 años de propuesta la NOM-083-SEMARNAT-1996, solo han sido regularizados los rellenos sanitarios y sitios controlados, pero los tiraderos a cielo abierto, tristemente siguen operando en su mayoría.

3.7.2.2 Seguridad y Salud Pública

¿Porque son insalubres los tiraderos a cielo abierto? Es una cuestión de seguridad y salud pública, que se debe contestar antes de poder continuar aseverando que los rellenos sanitarios que operan adecuadamente bajo los lineamientos de la normatividad mexicana correspondiente, son la alternativa para la disposición de los residuos de las poblaciones que carezcan de infraestructura para reusar y reciclar o tratar sus RSM en la mayor cantidad posible. Generalmente son causa de afectación a la seguridad y salud pública: la contaminación por lixiviados, quema de materiales combustibles, actividades de pepena y vectores de enfermedades, que son causas de condiciones insalubres en los tiraderos y las cuales se describen a continuación.

3.7.2.2.1 Contaminación por lixiviados

Los residuos sólidos municipales, compuestos por materiales que se biodegradan, con la acción del tiempo generan un líquido denominado "lixiviado" el cual se deriva de la reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos (NOM-083-SEMARNAT-1996). En su mayoría los lixiviados son agua, y lo demás son sólidos suspendidos y disueltos que contienen algunas sustancias como metales pesados y sustancias nocivas como las descritas por el INE en su publicación 345 sobre Implicaciones de la Contaminación del Suelo por Residuos y Enfoques Preventivos (INE, 2003). Dichas sustancias tienden a contaminar el suelo y aguas superficiales y subterráneas que puedan entrar en contacto con los lixiviados que las contiene.



Tabla 3.6.1 Composición de los lixiviados

- Gran cantidad de hidrocarburos solubles
- Gran cantidad de nitrógeno orgánico y amoniacal.
- Presencia de metales pesados como: cadmio (Cd), níquel (Ni), zinc (Zn), plomo (Pb).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) que llega incluso a valores de mg de oxígeno por litro (O₂/l).
- Salinidad muy elevada.

(INE, 2003)

3.7.2.2 Quema de materiales combustibles

Generalmente, en los sitios de disposición se colocan materiales combustibles como el papel, cartón, plásticos, madera, goma, cuero y trapos, los cuales sino son cubiertos apropiadamente, estos en contacto con una chispa y el ambiente provisto de oxígeno, pueden originar una reacción de combustión, incendiando el material combustible; derivando de este humos contaminantes (NO_x, SO_x, etc.) nocivos para la salud humana. El fuego incontrolado puede llegar a provocar incendios forestales de gran magnitud y provocando quemaduras o hasta la muerte a la fauna y flora circunvecina.

3.7.2.3 Actividades de pepena

El rescate de ciertos materiales dispuestos en los tiraderos o sitios de disposición no controlados, para su comercialización, suele ser una fuente de trabajo y de manutención económica para las personas dedicadas a la pepenación de los residuos, comúnmente conocidos como pepenadores. Esta actividad desarrollada en sitios sin controles de seguridad y salud suelen ser muy peligrosos para estas personas, pues están expuestas a contraer enfermedades gastrointestinales por el constante contacto e inhalación de los residuos y humos dispuestos en estos lugares, enfermedades infecciosas o heridas, por cortarse o pincharse con residuos biológico infecciosos mal dispuestos en los tiraderos o materiales punzocortantes, como cuchillos, navajas de afeitar, agujas de jeringa, etc.

3.7.2.4 Vectores de enfermedades

Los tiraderos generalmente no cuentan con una barrera física o sistema de vigilancia que impida los accesos a animales, como perros, gatos, aves de rapiña, puercos o roedores que acuden a estos sitios en busca de alimento. Y estos al ingerir alimentos y al estar en contacto con materiales infecciosos pueden contraer enfermedades, y a su vez ser vectores de estas mismas, pues al salir del sitio de disposición entran en contacto con otros animales e incluso con seres humanos. También dentro de estos sitios generalmente cuando no se cuentan con actividades de compactación y cubierta, se pueden proliferar varias cantidades de insectos como cucarachas, moscas, mosquitos, etc. que también fungen como vectores de enfermedades infecciosas.

3.7.3 Tipos de Rellenos Sanitarios

Mientras en el país no exista otro tipo de infraestructura para el reaprovechamiento y no enterramiento de los residuos sólidos para su eliminación, la normatividad mexicana existente, obliga por lo menos a que los sitios de disposición de cada población, operen de manera tal que los residuos sean enterrados y compactados diariamente con una capa de tierra en un terreno que cumpla con los requerimientos necesarios, para que la actividad de la disposición de los residuos sea segura y saludable para la población. Por lo cual, de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 vigente, referente a los sitios de disposición final, indica que una población puede operar un relleno sanitario de operación mecánica o manual, de acuerdo a la siguiente clasificación de la tabla 3.6.2, que está en función de la cantidad de los residuos a manejar y al tipo de población (urbano, rural o mixto).

Tabla 3.6.2 Clasificación de los rellenos sanitarios

Relleno tipo	RSM ingresados (ton/día)	Modo de Operación	Tipo de municipio
A	Más de 100	Mecánico	Urbano
B	De 50 a 100	Mecánico	Urbano, Semirural y Rural
C	De 10 a 50	Mecánico y/o Manual	Semirural y Rural
D	Menor a 10	Manual	Rural

(Adaptado de la NOM-083-SEMARNAT-2003)

La Tabla 3.6.2, corresponde a la tabla 1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003, y en dicha norma se especifican las condiciones que deben cumplir los rellenos sanitarios de acuerdo a su clasificación

A continuación se describe las características de los rellenos sanitarios de acuerdo al modo de operación, ya sea mecánico o manual.

3.7.3.1 Relleno Sanitario Mecánico

Es un relleno sanitario que cuenta con equipo mecánico y pesado para la cobertura y compactación diaria de los residuos dispuestos. La implementación de equipos y sistemas para la mecanización de los rellenos sanitarios tiene el fin de cumplir con toda las regulaciones aplicables, proteger el ambiente físico (agua subterránea, agua superficial, suelo y aire), minimizar las molestias de la operación (ligeros, polvo, fuego), minimizar los costos (inicial, operación y total), minimizar el impacto a cuerpos de agua, controlando e impidiendo escurrimientos superficiales, minimizar el tiempo de descarga a los usuarios, proteger a los trabajadores y usuarios, optimizar el espacio del relleno sanitario y prolongar al máximo la vida útil y mantener la estética del lugar (SEDESOL, 2004). Es recomendable este tipo para poblaciones en las que se desee disponer arriba de 50 toneladas diariamente. Para ello se requiere que cumpla con las características propias de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003

3.7.3.2 Relleno Sanitario Manual

Es un relleno sanitario que no requiere de equipo mecánico y pesado para la cobertura y compactación diaria de los residuos dispuestos y basta con herramienta sencilla para la ejecución de estas actividades diarias. La operación de un relleno sanitario manual resulta ser una alternativa viable para la disposición final de los residuos sólidos en pequeñas cantidades (menor a 50 toneladas diarias de RSM). Solo requiere el uso de maquinaria únicamente en la preparación del sitio, caminos de acceso e internos y excavación de material de cubierta. La construcción de las celdas diarias y demás controles, se realizan de manera manual utilizando herramientas convencionales utilizadas en la albañilería y/o jardinería (Sancho y Cervera-Et al, 2001). Para ello se requiere que cumpla con las características propias que de manera general se describen en el punto siguiente y más detalladamente se pueden consultar en el Anexo IX.

3.7.4 Características de los Rellenos Sanitarios

A continuación se muestran las características principales de los rellenos sanitarios como sitios de disposición final de RSM.

3.7.4.1 Servicio que brindará

De acuerdo al tipo de relleno sanitario, sea mecánico o manual, es necesario definir el tipo de servicio que brindará para tener un mayor control de las actividades que se hagan e el relleno para disponer adecuadamente los residuos. Por ejemplo, en los rellenos mecánicos se debe definir serán del tipo convencional (enterrar los RSM sin separación ni captación de biogás) o si será una unidad de tratamiento integral (para el aprovechamiento de biogás, composta y uso de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales). En los rellenos manuales, siendo que no contarán con ciertos elementos para los usos de un relleno mecánico, se debe decidir su servicio en función de si será local (comunal) o domiciliar (propiedad de la casa habitación que lo construya y opere de manera particular).

3.7.4.2 Factores de Diseño

Lo ideal de un relleno sanitario, tanto manual como mecánico, es que se ubique, construya y opere de acuerdo a un diseño previo del mismo; su planeación seguramente garantizará que cumpla con su función y con los requerimientos exigidos por la normatividad para brindar seguridad y salud a la población y al ambiente que lo rodeará. Los factores de diseño deben contemplar el tipo de vertido, la localización, el dimensionamiento (en función del tamaño de celda, capacidad y vida útil del sitio, material de cubierta), las actividades de preparación del terreno, operaciones, equipo, personal, controles de seguridad y salud pública, obras complementarias y uso final del relleno.

3.7.4.3 Requisitos para cumplir con la normatividad

- En cuanto a la ubicación del sitio: tanto en rellenos tipo A, B, C y D, se debe construir el sitio a 500m de distancia de localidades mayores a 2500 habitantes, de cuerpos de agua superficiales (como lagos y lagunas), pozos de extracción de agua.



- En cuanto a estudios y análisis previos en el sitio: se deben realizar estudios geológicos, hidrogeológicos, topográfico, geotécnico, estudio de generación y composición de los residuos, biogás y lixiviados; de acuerdo a la Tabla No. 2 de la norma se especifica que estudios son obligatorios de acuerdo a la clasificación de los rellenos A, B y C. Los rellenos tipo D no requieren de estos estudios pero deben garantizar la seguridad de los mantos acuíferos.
- En cuanto a la construcción y operación del sitio: Tanto en los rellenos A, B, C y D, se debe contar con una barrera que impida la salida de los residuos, control del biogás, control de lixiviado, control de drenaje pluvial, control de fauna nociva e ingreso de animales, contar con área de emergencia para eventualidades. En los rellenos A, B y C se debe efectuar la compactación de los residuos de acuerdo a su peso, según la tabla 3 de la norma, cubrir los residuos diariamente. Los rellenos tipo D deben efectuar una compactación mínima de 300kg/m³ y cubrir los residuos semanalmente.
- En cuanto a las obras complementarias: Los rellenos tipo A, B y C, deben contar con caminos de acceso e interiores, cerca perimetral (barrera), caseta de vigilancia y control de acceso, báscula, servicios de agua potable, electricidad y drenaje, vestidores y servicios sanitarios, franja de amortiguamiento mínima de 10 metros, oficinas y servicio médico y seguridad pública. Solo los rellenos tipo C y D no es necesario que cuenten con Báscula y servicios de agua, electricidad y drenaje. Y no es necesario que los rellenos tipo B, C ni D cuenten con oficinas y servicio médico y de seguridad pública. Sin embargo todo lo demás lo deben cumplir.
- En cuanto otros requerimientos: Deben contar con un manual de operación del relleno, un control de registro, un programa de monitoreo ambiental (de biogás, lixiviado, acuíferos) y un informe mensual de las actividades realizadas en el sitio.

3.7.4.4 Actividades prohibidas de acuerdo a normatividad

- En cuanto a la ubicación del sitio: no construir a una distancia menor de 13 km del centro de una pista de un aeródromo o aeropuerto (de lo contrario se requiere un estudio de riesgo aviario), no ubicarse en áreas naturales protegidas o en aquellas mencionadas en el punto 6.1.4 de la NOM-083-SEMARNAT-2003
- En cuanto a la construcción y operación del sitio: no recibir residuos líquidos de aguas residuales e industriales, residuos que contengan aceites minerales, y residuos peligrosos clasificados en la normatividad vigente de este tipo de residuos.
- En cuanto a otros requerimientos: no se deben hacer actividades de separación de residuos en el sitio, si afectan el cumplimiento de los requerimientos a cumplir de acuerdo a la normatividad y que signifiquen un riesgo para la salud de las personas que efectúen la separación.

3.7.5 Clausura de tiraderos con o sin rehabilitación

La clausura de los sitios de disposición que no cumplan con la normatividad o que hayan cumplido el tiempo de vida útil para el cual fueron diseñados, consiste en el sellado del área después de la suspensión definitiva de los RSM dispuestos en el mismo, de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT.2003. Es necesario que los tiraderos a cielo abierto sean rehabilitados para operar segura y sanitariamente, de lo contrario su clausura es obligatoria, pues si bien puede solucionar momentáneamente el problema de la disposición de los RSM de la población que lo usa, el daño ambiental y a la salud que provoca es un problema mucho mayor.

Con la normatividad vigente se dispuso que a partir de Diciembre del 2004 los sitios de disposición final de RSM que incumplieran, propiamente los tiraderos a cielo abierto, debieran ser clausurados de la siguiente manera:

- Sitio no controlado: aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses, para su posterior clausura en un término que no exceda de 18 meses.
- Sitio controlado: limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses, para su posterior clausura en un plazo máximo de 24 meses.

Sin embargo, en nuestro país, esta es una realidad que la mayoría de los tiraderos no son cerrados a la fecha y siguen siendo la solución de la población y de los municipios, para disponer sus RSM sin comprometerse a aprovechar los residuos y a cumplir con la normatividad correspondiente. Pero también es cierto que no existe el suficiente conocimiento y recursos para poder rehabilitar los tiraderos en sitios controlados y mejor aún en rellenos sanitarios. El procedimiento de clausura de los sitios de disposición, después de ser revocada su autorización para la regularización del mismo, debe efectuar las actividades de cobertura y compactación final y de mantenimiento.

- Cobertura y compactación final. Una vez decidido terminar con el uso del tiradero, se deben cubrir en forma definitiva los residuos, con un espesor más grueso que el correspondiente a la cobertura diaria o semanal, este espesor se encuentra especificado en PROY-NOM-084-ECOL-1994 y PROY-NOM-083-SEMARNAT-2003. Una vez cubiertos, también hay que compactar para evitar mal aspecto y olores.
- Mantenimiento. Se debe establecer un programa de mantenimiento a los canales pluviales, la frecuencia será de acuerdo a lo establecido por PROY-NOM-084-ECOL-1994.

3.7.6 Disposición Final en Pequeñas Localidades

Los sitios de disposición final para los RSM son extensiones de terreno en donde se entierran los residuos con una capa de material de cubierta, como arena, grava o arcilla, con el fin de que se confinen estos materiales de manera sanitaria para cuidar la salud de las poblaciones. Sin embargo, al enterrar de manera permanente los materiales, se pierde la capacidad de poder aprovecharlos y brindarles un nuevo uso como materias primas o de segunda. Mientras no se efectúen en mayor rendimiento las técnicas de reciclaje, para el aprovechamiento de los RSM, el sitio de disposición final en el país seguirá siendo la alternativa para dichos residuos. En pequeñas localidades en donde se encuentren muy lejanos los sitios de disposición se recomienda generalmente el uso de rellenos sanitarios manuales en los cuales, se confinan cantidades menores de 10 Ton al día.



3.8 MARCO JURÍDICO

La primera ley de carácter formalmente ambiental en nuestro país fue la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental publicada en 1971, cuya administración estaba a cargo de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA). Posteriormente se publicó 11 años después la Ley Federal de Protección al Ambiente y en 1988, La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente LGEEPA, la cual era aplicada y administrada por la ex Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) por conducto del Instituto Nacional de Ecología (INE); dicha ley contiene cuatro reglamentos: 1. En Materia de Impacto Ambiental, 2. En Materia de Residuos Peligrosos, 3. En Materia de Evaluación del Impacto Ambiental y 4. En Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (LGEEPA, 2000). En 1994 se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), la cual tan solo unos años después (2000) se consolidó como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En el 2003 el Congreso de la Unión decretó una nueva ley exclusiva para la regulación de los residuos, la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). En esta ley se regulan tanto los residuos sólidos urbanos, como los residuos de manejo especial y los residuos peligrosos.

Actualmente en el País, el manejo de los residuos sólidos urbanos (también conocidos como residuos sólidos municipales) se encuentra regulado bajo los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal). A nivel federal se expiden Normas Oficiales Mexicanas en materia de funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales. A nivel estatal se emite la regulación jurídica en dichas materias; y a nivel municipal se autoriza el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.

Solo existe una Norma Oficial Mexicana (NOM) en materia de residuos sólidos urbanos, la cual fue emitida como la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, y se encuentra en desarrollo la relativa a la selección del sitio para la construcción, operación, monitoreo y clausura de los rellenos sanitarios. En el 2003 fue renovada a NOM-083-SEMARNAT-2003. Existen ciertas normas técnicas las cuáles, orientan a los usuarios a determinar la generación per cápita y poblacional de RSM en una determinada muestra, la selección y cuantificación de los residuos, el peso volumétrico, y a realizar el método de cuarteo (NMX-AA-61-1985, NMX-AA-22-1985, NMX-AA-19-1985 y NMX-AA-15-1985, respectivamente) por mencionar algunas. Cabe mencionar que en el Distrito Federal se cuenta con la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, la cual fue publicada en la Gaceta Oficial del 22 de abril de 2003, en la cual se establece como obligatoria la separación de los residuos en dos fracciones: orgánicos e inorgánicos. A continuación se enlista el orden jerárquico de la legislación actual mexicana en materia de residuos sólidos (INE, 2005).

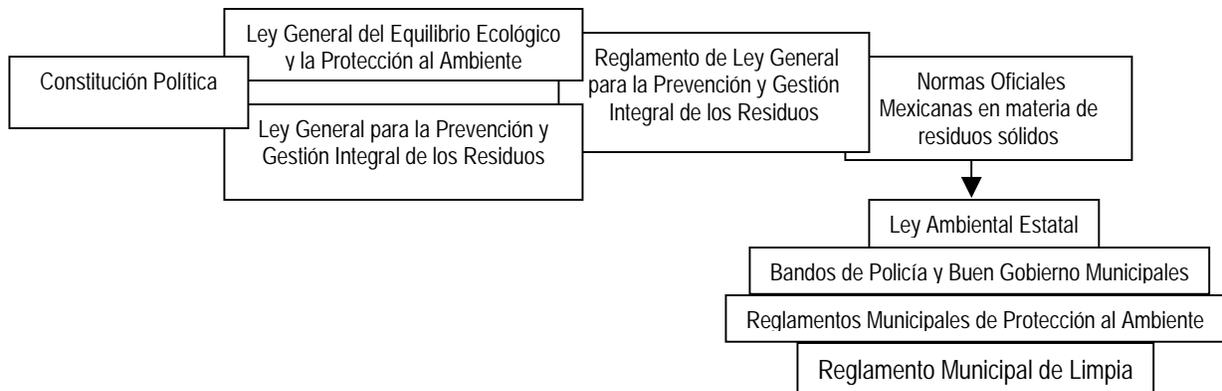


Fig. 3.8.1 Jerarquía de la legislación mexicana en materia de residuos sólidos

Contenido del Capítulo III

3.1	ALMACENAMIENTO.....	10
3.1.1	<i>Antecedentes</i>	10
3.1.2	<i>Generalidades</i>	10
3.1.2.1	Área disponible.....	11
3.1.2.2	Biodegradabilidad.....	11
3.1.2.3	Tipos de almacenamiento.....	11
3.1.2.4	Volumen.....	12
3.1.3	<i>Localización e Higiene de los contenedores</i>	12
3.1.4	<i>Almacenamiento in situ y ex situ</i>	12
3.1.5	<i>Separación in situ</i>	12
3.1.6	<i>Almacenamiento en Pequeñas Localidades</i>	13
3.2	BARRIDO.....	13
3.2.1	<i>Antecedentes</i>	13
3.2.2	<i>Generalidades</i>	14
3.2.2.1	Tipo de Barrido.....	14
3.2.2.1.1	Barrido manual.....	14
3.2.2.1.2	Barrido mecánico.....	14
3.2.2.2	Rutas de barrido.....	14
3.2.2.3	Horario y frecuencia de barrido.....	14
3.2.2.4	Eficiencia del personal.....	15
3.2.3	<i>Equipo de Barrido</i>	15
3.2.4	<i>Metodología para trazar Rutas de Barrido</i>	15
3.2.5	<i>Factores que intervienen en la eficiencia</i>	15
3.2.6	<i>Barrido en Pequeñas Localidades</i>	16
3.3	RECOLECCIÓN.....	16
3.3.1	<i>Antecedentes</i>	16
3.3.2	<i>Generalidades</i>	17
3.3.2.1	Métodos de recolección.....	17
3.3.2.2	Sistemas de carga/descarga de residuos al vehículo.....	17
3.3.2.3	Frecuencia de recolección.....	18
3.3.2.4	Rutas de recolección.....	18
3.3.2.5	Equipos y Personal.....	19
3.3.2.6	Eficiencia de recolección.....	19
3.3.3	<i>Vehículos recolectores</i>	19
3.3.4	<i>Accesibilidad de las vías para la recolección</i>	19
3.3.5	<i>Metodología para trazar rutas de recolección</i>	20
3.3.6	<i>Recolección en Pequeñas Localidades</i>	20
3.4	REUSO Y RECICLAJE.....	20
3.4.1	<i>Antecedentes</i>	20
3.4.2	<i>Generalidades</i>	21
3.4.2.1	Definición de Reuso y Reciclaje.....	21
3.4.2.2	Materiales que se pueden reutilizar y reciclar.....	21
3.4.3	<i>Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje</i>	23
3.4.4	<i>Reuso y reciclaje en Pequeñas Localidades</i>	24
3.5	TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA.....	24
3.5.1	<i>Antecedentes</i>	24
3.5.2	<i>Generalidades</i>	24
3.5.2.1	Personal y Equipo.....	25
3.5.2.1.1	Personal del Transporte y Transferencia.....	25
3.5.2.1.2	Equipo de Transferencia.....	25
3.5.2.2	Necesidad de Transferencia de residuos.....	25
3.5.2.3	Destinos del transporte y transferencia.....	26



3.5.2.3.1	Centros de Acopio.....	26
3.5.2.3.2	Plantas de Tratamiento.....	26
3.5.2.3.3	Sitios de Disposición Final.....	26
3.5.2.4	Tipos de estaciones de transferencia.....	27
3.5.2.4.1	Estaciones de descarga directa.....	27
3.5.2.4.2	Estaciones de descarga indirecta.....	27
3.5.2.4.3	Estaciones combinadas.....	27
3.5.3	<i>Selección del tipo de estación de transferencia y vehículos.....</i>	28
3.5.3.1	En localidades de fácil acceso.....	28
3.5.3.2	En localidades de difícil acceso.....	28
3.5.4	<i>Ubicación y Dimensiones de la Estación de Transferencia.....</i>	29
3.5.5	<i>Transporte y Transferencia en Pequeñas Localidades.....</i>	29
3.6	TRATAMIENTO.....	30
3.6.1	<i>Antecedentes.....</i>	30
3.6.2	<i>Generalidades.....</i>	30
3.6.2.1	Clasificación de los Tratamientos.....	30
3.6.2.2	Tratamientos Biológicos.....	31
3.6.2.2.1	Digestión aerobia.....	31
3.6.2.2.2	Digestión anaerobia.....	31
3.6.2.3	Tratamientos Físicos.....	31
3.6.2.3.1	Trituración (Molienda).....	31
3.6.2.3.2	Tamización.....	32
3.6.2.3.3	Compactación.....	32
3.6.2.3.4	Separación Magnética.....	32
3.6.2.3.5	Separación por Densidad.....	32
3.6.2.4	Tratamientos Químicos.....	32
3.6.2.5	Tratamientos Físicoquímicos.....	32
3.6.2.6	Tratamientos Térmicos.....	32
3.6.2.6.1	Termoquímicos.....	32
3.6.3	<i>Tratamientos de los materiales más comunes.....</i>	33
3.6.3.1	Residuos de comida y jardín.....	33
3.6.3.2	Hule y Neumáticos.....	33
3.6.3.3	Metales.....	33
3.6.3.4	Papel.....	34
3.6.3.5	Cartón.....	34
3.6.3.6	Plásticos.....	34
3.6.3.7	Multicapas.....	35
3.6.3.8	Textiles.....	35
3.6.3.9	Vidrio.....	35
3.6.3.10	Madera.....	36
3.6.4	<i>Empresas que ofrecen tratamiento de materiales reciclables.....</i>	36
3.7	DISPOSICIÓN FINAL.....	37
3.7.1	<i>Antecedentes.....</i>	37
3.7.2	<i>Generalidades.....</i>	37
3.7.2.1	Sitios de Disposición Final.....	37
3.7.2.1.1	Relleno Sanitario.....	37
3.7.2.1.2	Tiradero a cielo Abierto.....	38
3.7.2.2	Seguridad y Salud Pública.....	38
3.7.2.2.1	Contaminación por lixiviados.....	38
3.7.2.2.2	Quema de materiales combustibles.....	39
3.7.2.2.3	Actividades de pepena.....	39
3.7.2.2.4	Vectores de enfermedades.....	39
3.7.3	<i>Tipos de Rellenos Sanitarios.....</i>	39
3.7.3.1	Relleno Sanitario Mecánico.....	40
3.7.3.2	Relleno Sanitario Manual.....	40
3.7.4	<i>Características de los Rellenos Sanitarios.....</i>	40
3.7.4.1	Servicio que brindará.....	40

3.7.4.2	Factores de Diseño	40
3.7.4.3	Requisitos para cumplir con la normatividad	40
3.7.4.4	Actividades prohibidas de acuerdo a normatividad:	41
3.7.5	<i>Clausura de tiraderos con o sin rehabilitación</i>	41
3.7.6	<i>Disposición Final en Pequeñas Localidades</i>	42
3.8	MARCO JURÍDICO	43

Índice Tablas

Tabla 3.1.1	Tipos de almacenamiento contenido	11
Tabla 3.1.2	Tipos de separación en países americanos	13
Tabla 3.4.1	Código de identificación de plásticos	22
Tabla 3.4.2	Velocidades de recolección en vehículos típicos PL	26
Tabla 3.4.3	Área requerida para diseño de Estación de transferencia, según capacidad	29
Tabla 3.5.1	Clasificación de los tratamientos para RSM	31
Tabla 3.6.1	Composición de los lixiviados	39
Tabla 3.6.2	Clasificación de los rellenos sanitarios	39

Índice Figuras

Fig. 3.1.1	Típicos contenedores para almacenamiento en PL	11
Fig. 3.3.1	Tipo de vehículo de recolección utilizado en el siglo XIX	16
Fig. 3.4.1	Tipos de vehículo y de sistema de transferencia para localidades de difícil acceso	29
Fig. 3.8.1	Jerarquía de la legislación mexicana en materia de residuos sólidos	43

CAPÍTULO IV. SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA PEQUEÑAS LOCALIDADES

4.1 DESARROLLO DEL SMIRSM

El Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales para Pequeñas Localidades (SMIRSM para PL) pretende ser una guía que describa la metodología propuesta para almacenar, barrer, recolectar, reusar y reciclar, transferir y transportar, tratar y disponer adecuadamente los residuos sólidos de las pequeñas localidades, en función de sus características y necesidades.

Está diseñado de tal forma que al usuario le pueda servir de guía técnica secuencial e ideal, para identificar los requerimientos, realizar los cálculos y actividades necesarias, para resolver el inadecuado manejo de los RSM de manera sustentable y de implementación factible.

En la Figura 4.1, se ilustra el diagrama de flujo global del sistema, en el que se muestran el orden de las etapas y la interacción entre ellas dentro de la metodología propuesta.

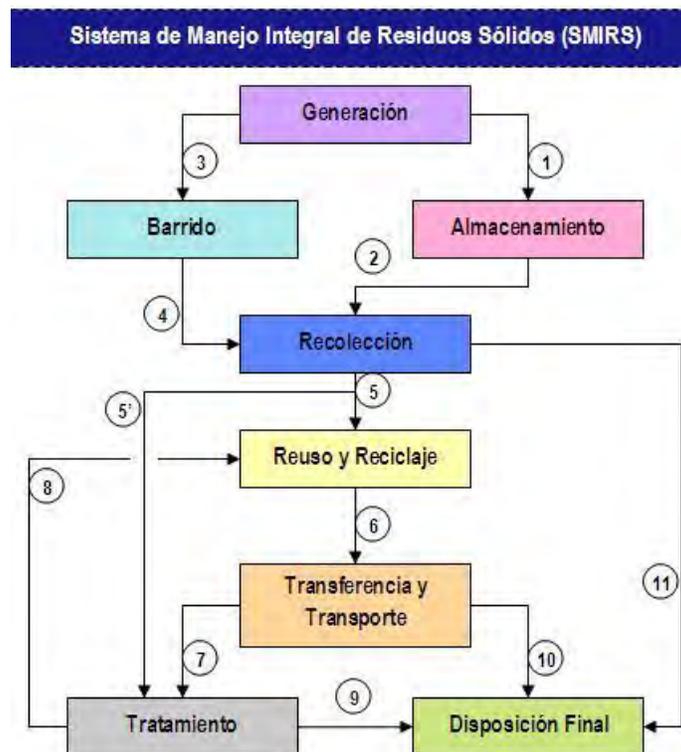


Fig. 4.1 Diagrama de Flujo del sistema de manejo integral de RSM

El sistema propuesto se compone de ciertos elementos con los que debe contar cada etapa del manejo de residuos, los cuales buscan explicar al usuario en que consiste y como desarrollarlo; éstos son: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo. Los elementos del sistema son descritos a continuación. Cabe mencionar que a lo largo del desarrollo del SMIRSM para PL el lector podrá detectar que cuando se hace referencia a un tema redactado en el presente trabajo, este es señalado entre corchetes " [] ".

A) Concepto

Para el presente trabajo y para los fines del SMIRSM para PL, se define el concepto de cada etapa de manejo de los residuos sólidos, de manera que pueda cubrir integralmente su propia función en colaboración con las demás etapas.

Por ejemplo, el concepto de "recolección integral" es "realizar eficientemente la recolección de los RSM, para evitar que los generadores los desechen inadecuadamente, para recuperar la mayor cantidad de materiales reciclables que se puedan comercializar, y finalmente, para disponer adecuadamente los residuos no reciclables hasta el momento en el país".

B) Características

Se especifican puntualmente los requisitos mínimos que se deben tener en cada etapa de manejo de los RSM para su adecuado funcionamiento.

Por ejemplo, las características propuestas para el "reuso y reciclaje" integral son:

- (a) Selección de materiales reutilizables y reciclables.
- (b) Acondicionamiento de materiales reutilizables y reciclables.
- (c) Clasificación de materiales para reusar/ reciclar.
- (d) Asignación de la forma de reuso/reciclaje de los materiales en el hogar.
- (e) Selección de la vía de comercialización de materiales a reusar/reciclar por empresas recicladoras.
- (f) Comercialización de los materiales".

C) Procedimiento

Se describen los pasos que deben seguirse en cada etapa de manejo de los RSM para cumplir las especificaciones del concepto de la etapa y cubrir todas las características reflejadas en uno o más puntos del procedimiento, los cuales proponen en forma cronológica las acciones para satisfacer la finalidad de la etapa.

Por ejemplo, el procedimiento del "Tratamiento integral" se describe en seis pasos:

1. Seleccionar el tipo de Tratamiento
2. Disponer de un área de almacenamiento
3. Realizar la separación del material a procesar
4. Realizar acondicionamiento de los materiales
5. Realizar el tratamiento y obtener producto final
6. Canalización del producto final

D) Diagrama de Flujo

Ilustra el procedimiento de manera esquemática de cada etapa para ayudar al usuario a visualizar la metodología parcial y global del sistema, es decir, el flujo interno recomendable a seguir dentro de la etapa y su interacción con las demás etapas del manejo.

Por ejemplo, el diagrama de flujo para la "Disposición final integral", que se puede observar en el apartado de "Diagrama de Flujo para la Disposición Final Integral" donde, se ilustra la propuesta desde la selección del tipo de relleno hasta el uso final que se le dará al término de su vida útil; también se puede observar su interacción con las etapas de recolección, transferencia y tratamiento.

En los siguientes puntos se desarrollará cada una de las etapas como subsistema del Sistema de Manejo de Residuos Sólidos Municipales para Pequeñas Localidades.



4.2 ALMACENAMIENTO INTEGRAL

Es el 1er Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.2.1 Concepto

El almacenamiento integral como parte del SMIRSM consistirá en que el generador de residuos, sea responsable en almacenar adecuadamente los residuos sólidos que ya no desee poseer en su vivienda, para esperar a que estos sean recolectados por el prestador de servicio de recolección y sean llevados a tratamiento y en última instancia a una correcta disposición final, dependiendo del tipo de residuo que se trate.

De ninguna manera se desea obligar a que todos los habitantes hagan composta de sus residuos orgánicos, reciclen individualmente sus residuos inorgánicos o inclusive reusen todos los materiales adquiridos. Aunque sería lo ideal, en la actualidad la mayoría de los habitantes no experimenta el suficiente interés, no tiene el tiempo y los recursos para hacerlo o las actividades y personalidades de la gran diversidad de generadores no hace de estas ideas algo práctico para sus vidas cotidianas. Sin embargo si se pensara lo contrario, pueden consultar las diversas maneras de tratamientos y reciclaje que se puede hacer dentro de la propia casa [ver apartado de Tratamientos, Reuso y Reciclaje].

Por estas razones solo se exige en el manejo integral de los residuos sólidos que el generador sea responsable de sus residuos con el correcto almacenamiento de los materiales hasta el momento en que los entrega al personal de recolección, con el fin de llevar en las mejores condiciones los residuos a un tratamiento posterior, y de esta manera prolongar la vida de los materiales, con su correspondiente contribución a la disminución de la explotación de recursos naturales. El almacenamiento esta fuertemente ligado a las actividades y costumbres de cada uno de los habitantes miembros de las viviendas, en el presente trabajo se recomienda que las siguientes pautas estén dirigidas para los habitantes de localidades pequeñas, en las cuales podemos encontrar actividades agropecuarias como fuente principal de ingresos económicos.

4.2.2 Características del Almacenamiento Integral

Las características deseables del almacenamiento integral de los residuos sólidos son las siguientes: separación de los residuos, uso adecuado y suficiente de contenedores, mantenimiento oportuno a los contenedores y al área de almacenamiento, disminución la contaminación de los residuos reciclables y comunicación con el prestador de servicio de recolección.

4.2.2.1 Separación de los residuos sólidos

La separación de los RSM en una pequeña localidad debe estar orientada a aprovechar los beneficios de la materia orgánica de los residuos generados diariamente y la potencialidad de los recursos económicos que se pueden adquirir de la comercialización de los productos reciclables. De acuerdo al estudio de generación realizado en algunas pequeñas localidades con las características propias de éstas, y la información recopilada de México y otros países, principalmente americanos (EUA, Argentina, Cuba, Perú, Chile y Brasil); dichas poblaciones generan mayor cantidad de Residuos Orgánicos que de Residuos Inorgánicos. Por lo que es conveniente calcular las dimensiones de los contenedores para que la separación de los mismos sea la necesaria.

La separación de los residuos dentro del almacenamiento integral debiera ser de la siguiente manera y por ello debe asignarse a cada tipo de residuo su correspondiente contenedor:

- Residuos Orgánicos: todo aquel material proveniente de los residuos de alimentos y de los residuos de jardín (hojarasca, poda, etc.)
- Residuos Sanitarios: todo aquel material proveniente del contacto con los fluidos corporales y de la higiene personal.
- Residuos Inorgánicos: todo aquel material que no es orgánico ni sanitario (ni peligrosos ni especial).

Es importante separar los residuos no municipales, como los peligrosos y especiales, para evitar la contaminación de los RSM que puedan ser aprovechables (LGPGIR, 2003).

4.2.2.1.1 Separación de Residuos Orgánicos

En las viviendas en donde se realicen actividades agropecuarias es posible asignar un área de almacenamiento para los residuos orgánicos provenientes de restos de comida y residuos de jardín. Los cuales pueden esperar el momento oportuno para ser mezclados con la tierra de

cultivo, o si se prefiere para el caso de los restos de comida en buen estado, se pueden depositar en los recipientes donde se alimentan a los animales de ganado.

En las viviendas en donde no se realicen actividades agropecuarias se debe contar con un recipiente con tapa exclusivamente para residuos orgánicos proveniente de restos de comida y un recipiente para residuos orgánicos provenientes del jardín. Se recomienda que sea separado de esta manera para: (1) su posterior recolección por parte del servicio público o privado de recolección o (2) para que puedan ser vendidos o donados a vecinos que cuenten con actividades agropecuarias. En este último caso es posible asignar a una persona que se encargue de la transferencia de estos residuos de una casa a otra, ya sea el mismo generador donante o el beneficiario de estos residuos. Si se desea contratar los servicios de un transportista intermediario es necesario hacer un balance de los costos del transporte y del salario del personal encargado. Dependiendo de los recursos con que se cuenten se pueden unir el grupo de donantes y beneficiarios para costear estos servicios.

4.2.2.1.2 Separación de los residuos sanitarios

Deben ser almacenados separadamente en un contenedor con tapa hermética. Y esperar a que el servicio de recolección los recoja para su futuro tratamiento. A excepción de los pañales desechables y las toallas sanitarias, el papel puede ser quemado de manera controlada para producir calor y/o energía alterna y las cenizas enterradas [ver tratamientos].

4.2.2.1.3 Separación de los residuos inorgánicos

Los productos de materiales inorgánicos que estuvieron en contacto con residuos orgánicos o algún fluido deben ser enjuagados con una cantidad mínima de agua antes de ser desechados, para evitar que se contaminen entre ellos. Además es muy recomendable que debido a la diversidad de estos deben también sean almacenados de manera clasificada a reserva del espacio y la cantidad de contenedores que se dispongan para residuos inorgánicos. Generalmente, es difícil costear un contenedor para cada tipo de material. Sin embargo una inversión, inicial y paulatina, para adquirir los contenedores será mucho más económica a mediano plazo que el estar adquiriendo constantemente bolsas de plástico, costales o contenedores temporales para el almacenamiento de los residuos domésticos. Además, el uso de bolsas de plástico desechable para la contención de los residuos también se convierte en residuo, por lo que se hace preferente no hacer uso. En el almacenamiento integral se recomienda contemplar la subseparación de residuos inorgánicos de acuerdo a los subproductos inorgánicos que generalmente se generan, inclusive en las PL (ver Tabla 4.2.1).

Tabla 4.2.1 Subproductos de los residuos inorgánicos

R. Inorgánico	Subproducto
Metales	Aluminio, lata
Papeles	Papel, cartón, periódico
Plásticos	Plástico rígido, plástico flexible, plástico aluminizado
Vidrios	Vidrio verde, transparente, ámbar, etc.
Otros	Hule, fibras, cuero, unicel, multicapas, madera, etc.

Los materiales que no entran en la categoría de otros, generalmente son los de mayor volumen y consumo preferente por los habitantes, y actualmente reciclables en el país; de esta manera, con el almacenamiento separado de estos, se contribuye a la eficiencia de la separación que se hará por parte del personal de servicio de recolección y los procesos de tratamiento que recibirán más adelante.

Los recolectores de cada material darán el adecuado tratamiento si estos vienen separados y limpios, se reducirán tiempos y costos de separación en los procesos para la reincorporación y aprovechamiento de los materiales desechados por los generadores. La contribución de los generadores reside en gran medida en la adecuada separación que le den a sus residuos desechados.

4.2.2.1.4 Separación de Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos no son considerados como residuos sólidos municipales, sin embargo es necesario mencionar en este apartado la necesidad de almacenarlos también de manera separada y segura. Es cierto que la cantidad generada de Residuos Peligrosos en las casas habitación es mínima, pero al sumarse los volúmenes de todas las casas, la peligrosidad de estos residuos es bastante considerable. Si se separan de los residuos municipales y se les asigna un espacio de almacenamiento en cada vivienda para su posterior tratamiento, se contribuye a darles el apropiado manejo. Si son mezclados con los otros residuos, es muy posible que por la cantidad y volumen sean difíciles de detectar en el momento en que se están manejando para su tratamiento y disposición final, contaminen a los otros materiales o lastimen al



personal que los esté manejando. A continuación se indican algunas recomendaciones para el almacenamiento separado y temporal de estos residuos:

- Separarlos de los RSM independientemente de la cantidad que sea.
- Almacenarlos en un recipiente seco y con tapa hermética.
- Alejarlos de la exposición al sol, elevadas temperaturas o puntos de ignición.
- Evitar que estén en contacto con agua, algún fluido o con la humedad del ambiente.
- Si son objetos punzo cortantes - como cuchillos, agujas o vidrios rotos – ponerlos en recipientes de material rígido.
- Cuando se entreguen al personal recolector avisar del tipo de material que se esta entregando.

4.2.2.2 Uso adecuado y suficiente de contenedores

El almacenamiento integral no podría ser apropiado si no se cuenta con recipientes que contengan a los residuos de manera limpia, separada y segura. Es importante que se cuenten con recipientes que cumplan con la funcionalidad de apartar y mantener en condiciones adecuadas los residuos hasta que sean dispuestos para su recolección o siguiente finalidad a cumplir para el caso de los que se usaran en la misma casa donde se generaron.

Independientemente de la solvencia económica de los generadores es posible contar con contenedores adecuados para un almacenamiento integral de los residuos de los cuales son responsables. Solo se exige que los contenedores:

- Sean contenidos cerrados y rígidos, la forma y material son libres al gusto y recursos del generador).
- Tengan capacidad suficiente para almacenar.
- Contengan a los residuos sin que se vierta el material y/o se contaminen por agentes externos (humedad, animales, polvo, fluidos).
- Sean de fácil limpieza.

La amplia variedad de contenedores puede ir desde el más sencillo hasta lo más complejo dependiendo de las exigencias del generador o responsable del contenedor público para el almacenaje de los residuos de la (s) casa (s) habitación. Si se requiere elaborar un contenedor con sus propias manos, es decir un contenedor no comercial, se puede hacer el siguiente cálculo, partiendo de la generación promedio de residuos generados en su vivienda, o si algún grupo de vecinos quiere compartir un contenedor público:

4.2.2.3 Mantenimiento oportuno a los contenedores y al área de almacenamiento

Los contenedores como cualquier otro mueble del hogar deben ser aseados regularmente y más los contenedores de los residuos orgánicos y de los sanitarios. Si no se limpian regular y adecuadamente los contenedores es muy probable que en cuestión de horas se desprendan olores desagradables y se tenga el inicio de la proliferación de fauna nociva, desde mosquitos hasta roedores, e inclusive la atracción de animales domésticos. Es muy común colocar bolsas de plástico en el interior de los recipientes rígidos para ahorrar tiempo y esfuerzo en el aseo constante de los recipientes, sin embargo con esta práctica se generan como residuos las mismas bolsas de plástico; por lo que se recomienda solo usarlas en casos estrictamente necesarios. En cada descarga de residuos almacenados es recomendable enjuagar con una cantidad mínima de agua los recipientes y secarlos posteriormente para no humedecer los próximos residuos a contener. También dentro del mantenimiento se contempla revisar 1 vez por mes que el contenedor no tenga deterioro físico, a veces por el manejo rudo de los recipientes es muy probable que el material del contenedor se rompa o agriete, y el residuo encuentre una salida o que se contamine por la infiltración de fluidos externos o pequeños insectos. Además por salud e higiene, los contenedores siempre deben estar en condiciones aceptables por estética de la vivienda.

4.2.2.4 Disminución de la contaminación de los residuos reciclables

Con una adecuada separación y condiciones de almacenamiento de los residuos es posible mantener la integridad de los materiales a reusar o reciclar. Un producto de desecho que generalmente ya esta contaminado, muy difícilmente se puede volver a usar sin recibir un tratamiento previo. Por ejemplo, al consumirse el café contenido en un envase de vidrio, al ser reutilizado, normalmente se enjuaga y seca para ser usado nuevamente como contenedor, quizá de alguna otra especie (azúcar, hierbas, harinas, etc.). Cuando es reciclado por alguna empresa, generalmente antes de ser fundido el vidrio tiene que pasar por la etapa de lavado, en donde se elimina cualquier sustancia ajena al vidrio. En ambos casos difícilmente el envase se vuelve a usar en las condiciones que lo abandonó el último generador, esto es por cuestiones de salud e higiene y de proceso. Por la primera, porque los contaminantes pueden traer algún microorganismos o sustancia que pueda provocar daños a la salud del consumidor y por la segunda, porque el contaminante puede influir en el reprocesamiento o alterar la composición del material.



4.2.2.5 Comunicación con el prestador de servicio de recolección

Si no hubiese algún tipo de relación entre los generadores de residuos que deseen desechar sus residuos fuera de su vivienda y los prestadores del servicio de recolección de los residuos, ¿cuántos residuos se tendrían que almacenar en la fuente de generación? y ¿hasta cuánto tiempo se podrían conservar en la misma? Se tendría que tener el suficiente interés y los recursos adecuados para poder reusar o reciclar por propia mano del generador sus residuos. La otra alternativa elegida por la mayoría de las personas que no cuentan con el servicio de recolección es depositar sus residuos en las calles, lotes baldíos, barrancas, ríos, etc. De aquí la importancia en mantener una adecuada comunicación entre generadores y recolectores de residuos. Por ley, un municipio debe prestar el servicio de recolección de residuos a todas y cada una de sus localidades por muy pequeñas que sean. En el caso de los asentamientos humanos irregulares, no es obligación del municipio, sin embargo, se debe llegar a un acuerdo para mantener la localidad limpia (LGPGIR, 2003).

La comunicación entre generador y recolector reside en acordar mutuamente el horario y los días en que se hará la recolección de los residuos. De esta manera los generadores no tendrán problemas por sobrepasar la capacidad de sus contenedores para el almacenamiento de sus residuos y no tendrán los vicios de recurrir a otras alternativas para desechar sus residuos. En cuanto a las localidades en donde no es posible que se preste un servicio de recolección ordinario, el municipio tiene la obligación de proporcionar contenedores públicos cercanos a las localidades para que los habitantes hagan uso de ellos. Y el generador tiene como responsabilidad: darles un uso adecuado, no maltratarlos y no sobrepasar los límites de la capacidad del contenedor público, ya que no es el único que hace uso del mismo.

4.2.3 Procedimiento para realizar el Almacenamiento Integral

El procedimiento propuesto para realizar el almacenamiento integral en una PL se describe a continuación en tres pasos.

4.2.3.1 Adquirir los Contenedores Privados/Públicos

- Calcular la capacidad del contenedor: Para poder saber el tamaño adecuado del recipiente o contenedor de los residuos a almacenar, es necesario determinar su volumen, en función del valor de la generación media de residuos (totales o separados) de la vivienda o del número de personas que desecharan sus residuos en el contenedor a calcular, del número de habitantes de la vivienda o de la población del número de personas que desecharan sus residuos en el contenedor a calcular y de la frecuencia de recolección. Para esto se recomienda aplicar la siguientes ecuaciones en el orden mostrado a continuación en la Tabla 4.2.2(a)

Tabla 4.2.2(a) Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$G_{Total} = G_{media} \times N_{habitantes}$	G_{Total} = generación total (kg/día), peso de los residuos generados por determinado número de habitantes en un día. G_{media} = generación media (kg/hab-día), peso de los residuos generados por cada habitante en un día. $N_{habitantes}$ = número de habitantes (hab), número de personas que habitan normalmente la vivienda, o número de la población, que generan los residuos y usarán el contenedor.
2°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	V_{diario} = volumen diario (m ³), volumen de los residuos generados cada día, sin compactación. PV = peso volumétrico (kg/m ³), peso de los residuos generados que ocupa una unidad de volumen determinado.
3°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$V_{requerido}$ = volumen requerido (m ³), volumen necesario para almacenar los residuos durante el tiempo estimado para esperar ser recolectados. $F_{recolección}$ = frecuencia de recolección (días), es el número de días que tardará en realizarse la recolección de los residuos, o bien es el número de días en que durarán almacenados los residuos.
4°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$V_{diseño}$ = volumen de diseño (m ³), volumen que deberá tener el contenedor a comprar o a fabricar. F_s = factor de seguridad (adimensional), valor numérico que representa un porcentaje de volumen adicional al volumen requerido, para que pueda almacenar los residuos generados de más (por ejemplo en cuando se realizan fiestas, cuando se realiza limpieza de la vivienda, o que la frecuencia de recolección de los residuos se retarde uno o dos días)



- Calcular el número de contenedores requeridos. Cuando el volumen de diseño del contenedor es muy grande o se desea tener un tamaño menor de los mismos, es necesario estimar cuantos contenedores se necesitan para satisfacer el volumen de residuos a almacenar. Para esto se recomienda aplicar la siguientes ecuaciones en el orden mostrado a continuación en la Tabla 4.2.2(b)

Tabla 4.2.2(b) Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1o	$N_{\text{contenedores}} = \frac{V_{\text{diseño}}}{V_{\text{disponible}}}$	$N_{\text{contenedores}}$ = Número de contenedores (adimensional), el número de recipientes que se obtiene como el número de veces en el que se tiene que dividir el volumen de diseño para satisfacer el volumen disponible para el contenedor. $V_{\text{disponible}}$ = volumen disponible (m^3), volumen que se desea con el que cuente el contenedor, limitado por el espacio en donde se va a colocar o por el gusto del diseñador o usuario del recipiente.

- Seleccionar un contenedor: Si se desea diseñar y fabricar el propio contenedor seguir el inciso (d). Si se desea comprar el propio contenedor seguir el inciso (e).
- Diseñar y fabricar el contenedor. Para diseñar el propio contenedor, ya sea por necesidad o por no desear adquirir uno comercial, se propone calcular las dimensiones de un contenedor sencillo de forma cilíndrica o rectangular de acuerdo al volumen de diseño del contenedor calculado previamente, en la tabla 4.2.2(c). Para ello, en las siguientes ecuaciones mostradas, es necesario: 1º, fijar 1 variable para el contenedor cilíndrico o 2 variables para el contenedor rectangular, 2º, sustituir el valor del volumen de diseño en el lugar del volumen cilíndrico o rectangular, según sea el caso, y 3º despejar la variable que queda como incógnita.

Tabla 4.2.2(c) Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1º	$V_{\text{cilíndrico}} = \frac{3.14 \times D^2 \times h}{2}$	$V_{\text{cilíndrico}}$ = Volumen de diseño cilíndrico (m^3), cuyo valor será igual al $V_{\text{diseño}}$. D = diámetro del cilindro (m) h = altura del cilindro (m)
2º	$V_{\text{rectangular}} = h \times l \times a$	$V_{\text{rectangular}}$ = Volumen de diseño rectangular (m^3), cuyo valor será igual al $V_{\text{diseño}}$. l = largo del rectángulo (m), extensión del contenedor h = altura del rectángulo (m), elevación del contenedor a = ancho del rectángulo (m), profundidad del contenedor

- Para fabricar el contenedor se puede: 1º conseguir recipientes que cumplan con las dimensiones calculadas en el diseño del contenedor o 2º conseguir los materiales para la construcción de los contenedores de acuerdo a las dimensiones calculadas en el diseño del contenedor. Pueden elaborarse de manera tan sencilla utilizando material como: tablas de madera, clavos y martillo.
- Seleccionar un contenedor domiciliar o público. En el supermercado se puede encontrar una amplia gamma de diseños de recipientes para almacenar los residuos en las viviendas. Las empresas fabricantes de contenedores públicos pueden ser contactadas mediante directorios o Internet. En la siguiente tabla se pueden consultar los siguientes lugares para adquirir contenedores recomendados de acuerdo al volumen de diseño del contenedor calculado previamente. Es necesario que al hacer su selección responda con el mayor número de "Si" a las siguientes preguntas mostradas en la siguiente Tabla 4.2.3.

Tabla 4.2.3 Guía para seleccionar contenedor comercial adecuado

Preguntas para seleccionar un Contenedor Comercial adecuado	Si	No
¿Cubrirá el volumen demandado de generación total ($V_{\text{diseño}}$)?		
¿Es fácil de lavar?		
¿Es fácil de maniobrar cuando se deseen retirar los residuos o mover el contenedor?		
¿Está cubierto adecuadamente para evitar olores y fauna nociva?		
¿El material del contenedor es suficientemente resistente a golpes y a ambientes húmedos?		
¿Es suficientemente estético según los gustos del usuario?		
¿Las dimensiones del contenedor son aptas para el sitio que se asignará para su ubicación?		
¿Las dimensiones del contenedor son adecuadas para que el usuario disponga con facilidad sus residuos?		



4.2.3.2 Dar mantenimiento a los Contenedores

El adecuado mantenimiento de los contenedores estará cumplido si se realizan las siguientes tres actividades de manera frecuente y habitual, pues el tiempo de vida útil del contenedor se extenderá y el número de reparaciones o lavados intensivos serán mínimos.

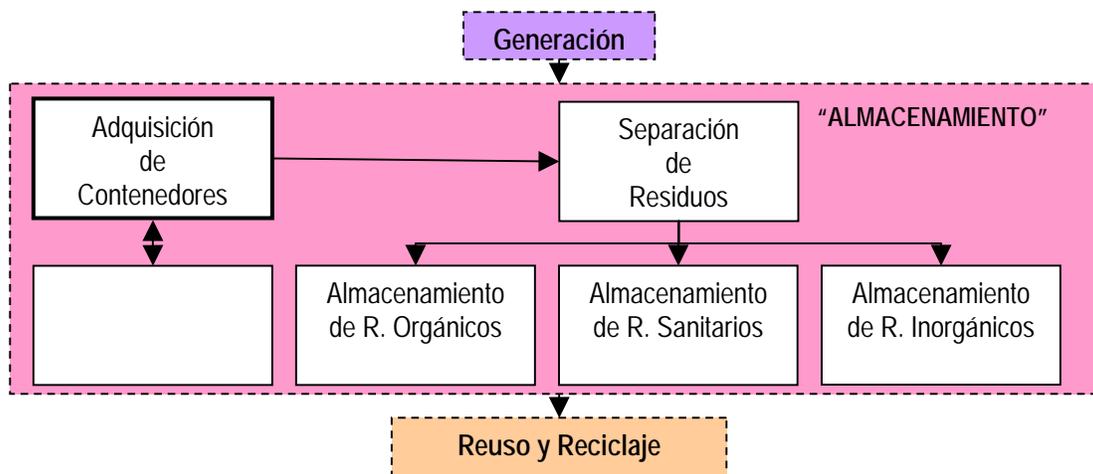
- Disponer únicamente los residuos asignados al contenedor, para evitar la contaminación tanto del residuo como de las paredes interiores del contenedor. Ej. Si el contenedor es para residuos inorgánicos, no poner algún residuo de comida, pues ensuciará al contenedor y se deberá lavarlo.
- Enjuagar el contenedor después de retirar los residuos recolectados.
- Revisar que el contenedor no tenga alguna ruptura o restos de residuos anteriores.

4.2.3.3 Separar y Almacenar los Residuos

La separación de los residuos sólidos municipales a almacenar, recomendada en este sistema diseñado para las pequeñas localidades con el fin de poder aprovechar al máximo la utilidad de los materiales, es en tres clasificaciones de residuos: residuos orgánicos, residuos inorgánicos y residuos sanitarios. Si se van a aprovechar los materiales en casa pasar al inciso (a). Si se van a comercializar los materiales pasar al inciso (b). Si se van a disponer los materiales en un contenedor público pasar al inciso (c)

- Para aprovechar la mayor cantidad de materiales en la propia casa es necesario adquirir 3 contenedores (como mínimo) para realizar la separación de los tres tipos de residuos mencionados. Consultar, en el apartado de Reuso Integral, las formas de reutilizar los materiales (orgánicos e inorgánicos) en la propia casa; y en el apartado de Tratamientos, la forma de elaborar composta (con materiales orgánicos) en la propia casa, y la forma de quemar los materiales combustibles (orgánicos y sanitarios) para aprovechar su energía y reducir el volumen.
- Si se van a comercializar los materiales es necesario contar con 1 recipiente para residuos orgánicos, 1 recipiente para residuos sanitarios y de 3 a 5 recipientes para los residuos inorgánicos. Los orgánicos y sanitarios pueden ser aprovechados en la casa o entregados al recolector de los mismos. Los inorgánicos para ser comercializados deben ser entregados en su totalidad a los recolectores, debido a que entre mayor volumen se acumule mayor será el monto a recibir por estos. Consultar, en el apartado de Reciclaje Integral, las características y vías de comercialización de los residuos.
- En los dos incisos anteriores (a) y (b) se contempla que el generador entregará total o parcialmente sus residuos generados (esto en función de que tanto puede reaprovechar sus residuos en su propia casa) directamente al recolector (cuando el sistema de recolección es en acera, etc.). En este inciso si se van a disponer los materiales en un contenedor público (es porque se cuenta con un sistema de recolección por contenedor), se pueden seguir las tres siguientes opciones: 1º contar con 3 contenedores para almacenar los tres residuos mencionados de la población por separado, 2º contar con 1 contenedor para residuos orgánicos y sanitarios y 1 contenedor para residuos inorgánicos, 3º contar con 1 contenedor para residuos orgánicos, 1 contenedor para residuos sanitarios y 1 contenedor para residuos inorgánicos con separadores. Consultar, en el apartado de Reciclaje Integral, las características y vías de comercialización de los residuos.

4.2.4 Diagrama de Flujo para el Almacenamiento Integral





4.3 BARRIDO INTEGRAL

Es el 2o Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.3.1 Concepto

El barrido integral como parte del SMIRSM, consistirá en realizar eficientemente el aseo de las calles y áreas públicas de las pequeñas localidades, aunado a la participación activa de los habitantes de la localidad en cuanto a: evitar desechar residuos sólidos en sus vialidades y en cuanto ayudar a barrer las calles colindantes con sus predios. Teóricamente, los únicos residuos que debería recolectar el barrendero o prestador de servicio de barrido serían los residuos provenientes de las hojas de los árboles y plantas secas, polvo y algunos residuos fecales de los animales que deambulan por las calles (perros y gatos callejeros). Los generadores no deberían desechar sus residuos en las vías públicas, y en el caso que no pudieran esperar a llegar a sus casas para poner en los contenedores de sus domicilios sus residuos de manera separada, deben existir suficientes cestos o contenedores públicos para que ahí los desechen.

Por otro lado el Barrido integral cubre un aspecto de más que el barrido tradicional: recolectar los residuos encontrados en las calles de manera separada y disponerlos en contenedores apropiados; esto podría hacerse, proveyendo al barrendero de un contenedor extra para recolectar de manera separada los residuos. Los residuos orgánicos como polvo y hojarasca y residuos fecales pueden almacenarse en el contenedor de los residuos orgánicos destinados para la realización de composta [ver apartado de Reciclaje y Tratamientos]. Los residuos inorgánicos deben ser dispuestos de manera separada en los contenedores públicos destinados para ellos. El barrido debe sincronizarse con el sistema de recolección que la localidad haya elegido, pues si se van a separar los residuos inorgánicos en diversos materiales, los residuos provenientes del barrido deben respetar la clasificación de los contenedores asignados para ellos.

4.3.2 Características del Barrido Integral

Las características del barrido integral que se requerirían para mantener un alto nivel de limpieza en las calles de las pequeñas localidades con respecto a la disminución de los residuos sólidos municipales son: conocimiento de las características de los residuos, conocimiento de las características de la localidad, selección del tipo de barrido (manual o mecánico), determinación del prestador del servicio de barrido, determinación del equipo de barrido, determinación de la ruta de barrido con separación de residuos y apoyo higiénico de los habitantes y visitantes de la localidad.

4.3.2.1 Conocimiento de las características de los residuos

Es muy importante saber que tipos, cantidades y volúmenes de residuos, se generan comúnmente en las calles de la localidad, a la hora de efectuar el barrido, esto se puede determinar bajo un estudio de generación de las vialidades de la localidad o mediante la información de la experiencia que pueden proporcionar los mismos barrenderos de la zona, tanto prestadores del servicio como habitantes de la localidad. Con el estudio de generación se obtienen valores muy precisos como para poder ponderarlos para el cálculo de los recipientes necesarios y para decidir el destino que deberían seguir para el aprovechamiento de los materiales desechados.

4.3.2.2 Conocimiento de las características de la localidad

Las características de la pequeña localidad urbana, rural o mixta, definirán el tipo de barrido que se debe efectuar, el equipo necesario y la ruta de recolección más apropiada. Pues debido al tipo tanto en la eficiencia del barrido, como en el tipo de tratamiento o disposición más convenientes, a los que se les desee encausar. Esto es si en una población rural, donde la mayor cantidad de residuos es de orgánicos, y generalmente se aprovechan dentro de la misma localidad, entonces los residuos orgánicos encontrados en el barrido, se pueden sumar a estos. Por otro lado, en una población urbana donde no se deseen aprovechar los residuos orgánicos en la comunidad, se deben contar con contenedores para su futura disposición, a los cuales se les deben sumar los residuos orgánicos barridos.

4.3.2.3 Selección del tipo de barrido (manual o mecánico)

Para pequeñas localidades se recomienda la simplicidad en el barrido integral pero con eficacia, esto es que se pueden mantener calles limpias mediante la labor eficiente de un barrendero provisto de un contenedor móvil (carrito de la basura o carreta tirada por animal de carga) o de los propios habitantes de la localidad, para la recolección de los residuos barridos en las calles. No se descarta la posibilidad del barrido mecánico, siempre y cuando este no desestabilice la economía de la localidad ni del municipio. Como medida emergente en el caso de que no

se pueda contratar el servicio de un barrendero independiente, que trabaje bajo los auspicios del municipio o de una empresa privada, entonces la actividad del barrido de las calles y de las áreas públicas de la localidad quedará como responsabilidad total de los habitantes de la localidad. Dentro de este aparatado cabe mencionar, que el barrido manual efectuado por los mismos pobladores, basta con que se lleve de manera organizada para las áreas públicas, y para las calles colindantes con los predios sean barridos con frecuencia por los dueños o habitantes del mismo, de manera separada y frecuencia aceptable.

4.3.2.4 Determinación del prestador del servicio de barrido

Si bien la localidad puede contar con el apoyo de una persona (o varias) para el barrido público de sus calles, entonces se deben establecer las puntualidades que conllevan a un trabajo formal, esto es que la localidad este conciente de la importancia del trabajo que efectúa el barrendero, como que el barrendero esté comprometido de la labor que tiene asignada, tanto de recoger los materiales desechados en las calles, como de disponerlos separadamente en los contenedores asignados para cada tipo de material. Si el prestador del servicio recibe un sueldo por parte de quien lo contrata (público o privado) puede o no comercializar el mismo los residuos para su beneficio económico propio.

4.3.2.5 Determinación del equipo de barrido

El equipo de barrido para localidades pequeñas puede consistir únicamente de una escoba y del contenedor móvil, pero con separación para almacenar los residuos de manera separada; cabe mencionar que para facilitar su trabajo es necesario que cuente con un "recogedor" o pala para levantar los residuos del suelo e introducirlos al contenedor. Además ya que el barrendero o locatario está expuesto a materiales desechados, con los que se puede lastimar si se encuentra con objetos filosos o punzo cortantes, o en el caso de materia orgánica en descomposición (como materia fecal o residuos de alimentos), entonces es necesario que cuente con equipo elemental de seguridad para prevenir accidentes y daños a su salud, tales como un uniforme de cuerpo entero, zapatos cerrados, guantes y cubre bocas. Para las localidades que cuenten con la facilidad de poder recibir el servicio de barrido, en su totalidad apoyado por una barredora mecánica, entonces este será suficiente para el barrido de sus calles; sin embargo debe tomar en cuenta que estas requieren de mayor mantenimiento y refacciones a corto y mediano plazo para que su vida útil se alcance a su máximo, por lo cual estarán sujetos a su adecuado uso y mantenimiento.

4.3.2.6 Determinación de la ruta de barrido con separación de residuos

La forma ordenada de recolectar los residuos barridos en las vialidades y áreas públicas de las localidades, esta determinada por las Rutas de Barrido diseñadas para cada localidad, tomando en cuenta sus características, el tamaño de la población, las cantidades y características de residuos, las capacidades de almacenamiento del equipo de barrido, la frecuencia determinada para efectuar el barrido, la eficiencia de la persona(s) que efectúa(n) el barrido y los sitios de destino próximo de los residuos, factores observados y estudiados en los puntos anteriores. Es por ello que el diseño adecuado de la(s) Macroruta(s) y Microruta(s) son una buena base para que el sistema de barrido se desempeñe eficientemente. Es muy posible que trazada la ruta de manera teórica tenga que ser modificada ligeramente cuando el barrendero haga su recorrido de manera práctica, sin embargo solo se deben hacer cambios que mejoren la calidad del servicio (reflejados en distancia y tiempo). Seguir una metodología para la realización de dichas rutas da mayor validez al diseño de las mismas, pues es menos probable que se olviden factores importantes por considerar el recorrido.

4.3.2.7 Apoyo higiénico de los habitantes y visitantes de la localidad

Con el apoyo de los habitantes y visitantes de las pequeñas localidades con respecto a evitar tirar deliberadamente los residuos que ya no deseen guardar en el momento en que transitan las calles de SU localidad, se simplificará la acción del barrido de las calles, pues el barrendero o locatario se limitarán a recolectar los residuos naturales que se encuentran en las calles (hojarasca, polvo y materias fecales).

4.3.3 Procedimiento para realizar el Barrido Integral

El procedimiento propuesto para realizar el barrido integral en una PL se describe a continuación en ocho pasos.

4.3.3.1 Estimar características de los residuos encontrados en calles y áreas públicas de la localidad

Para determinar las características de los tipos de residuos a barrer se puede realizar un estudio de generación, basado en la norma mexicana NMX-061-1985, en donde se detalla la metodología para la determinación de la generación de residuos sólidos domiciliarios.

4.3.3.2 Determinar características de la localidad

Generalmente los habitantes pueden aportar gran información sobre las características de su localidad, como si el tipo de zona es rural, urbana o mixta, cuales son el tipo de calles con que cuenta (pavimentadas, tercería, veredas, etc.) y el clima predominante que tienen a lo largo de todo



un año. Cuando no se está seguro de estos datos, un segundo paso es investigar la información proporcionada por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) sobre la caracterización de las localidades, cuando no se tienen datos precisos de la localidad específica que se está estudiando, entonces se toman como referencia los datos generales del Municipio, Estado o Región del País. Sin embargo el dato más contundente es hacer un estudio de campo de la localidad y visitar casa por casa, calle por calle para estar seguros de la información recopilada teóricamente.

4.3.3.3 Determinar tipo de barrido: manual y mecánico

Es elección del consenso de la localidad elegir que sistema de barrido prefieren para sus calles, de acuerdo a sus necesidades, tienen que escoger entre el barrido manual o el mecánico. En ambas opciones, primero deben agotar la posibilidad de solicitar a su Municipio el servicio de barrido (tanto como el de recolección de residuos), pues tienen tanto derecho de recibir el servicio como las localidades pertenecientes a la cabecera municipal, siempre y cuando sean localidades cercanas a esta. Sin embargo el protocolo para la negociación de este servicio suele ser largo y en la mayoría de las veces simplemente el municipio no lo puede proporcionar.

4.3.3.4 Determinar prestador del servicio de barrido

Cuando el municipio no puede proporcionar el personal o los medios para ofrecer tal servicio, se recurre a la contratación del servicio privado que efectúe el barrido (tanto como el de la recolección de los residuos). En este caso es probable que la empresa privada, sea alguna concesionaria, que demande costos elevados fuera del alcance de la localidad, por lo que se recurre a la contratación de una persona que se encargue del barrido de las calles de manera independiente. Así mismo se puede asignar un salario a dicho prestador del servicio, mediante una cooperación fija por parte de los habitantes beneficiados por el servicio, o se puede solo dar propinas al trabajador y dejar que comercialice los residuos recolectados durante el barrido. Cuando el prestador del servicio son los propios habitantes de la localidad, no se requiere la remuneración económica de esta, beneficiando a la población al no tener que cubrir un costo más por algún servicio local.

4.3.3.5 Determinar equipo para el barrido

Cuando el barrido manual lo efectúa un prestador de servicios independiente al municipio, solo requiere de una carretilla, escoba y recogedor. Si este es efectuado por el municipio, generalmente el Ayuntamiento lo provee de un carrito para la basura, una escoba, recogedor y pica. Si es efectuado por un locatario basta con un contenedor, escoba y recogedor.

4.3.3.6 Determinar ruta del barrido

Con el siguiente esquema de la Figura 4.3.1 se pueden observar los pasos que se debieran realizar para diseñar la Macro ruta y Micro ruta para la Ruta de Barrido. Como se puede observar para ambos trazados es necesario contar con el Plano donde se ubique como están dispuestos los predios, manzanas, calles y áreas públicas que conforman la Localidad.

- La Macro ruta se traza para tener una idea clara de donde se quiere iniciar y terminar el recorrido del equipo de barrido desde el momento en que sale del sitio de encierro hasta el momento en que regresa a este.
- La Micro ruta se traza para tener de manera detallada por que vialidades circulará el equipo para pasar por todas las calles y áreas a las que se les desee brindar el servicio o por los sitios en donde se localizarán los contenedores públicos.

Como recomendaciones se pueden seguir las mismas que se mencionan en el apartado de Rutas de recolección [ver Recolección], con el fin de obtener los recorridos de menor distancia, en menor tiempo y con menor número de tiempos muertos.

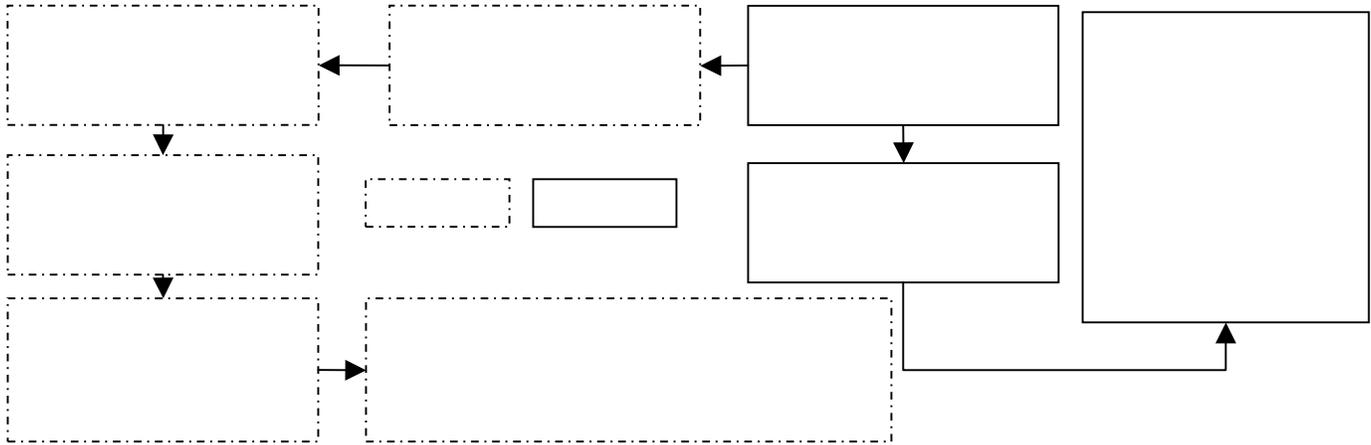


Fig. 4.3.1 Metodología simplificada para trazado de macro y micro rutas de barrido

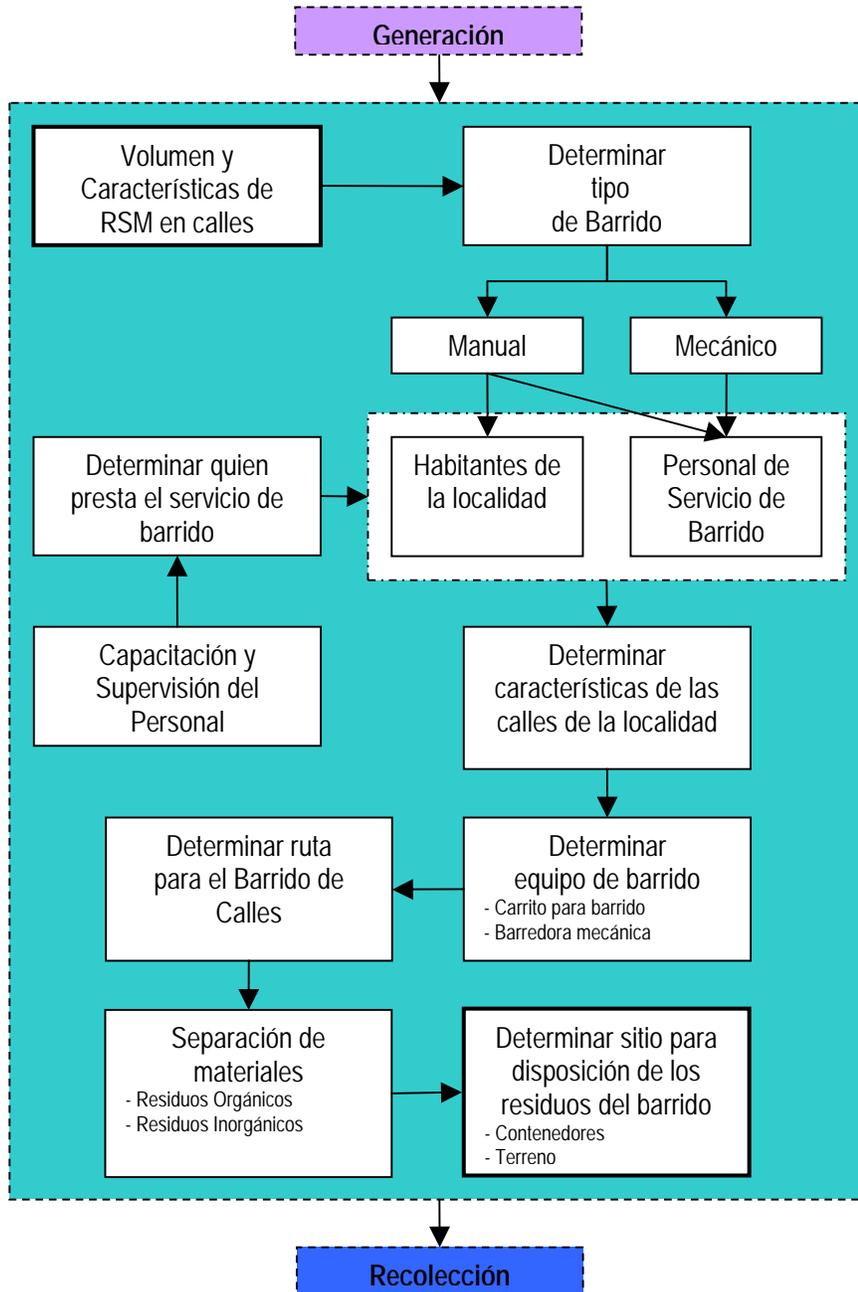
4.3.3.7 Realizar el barrido eficientemente y con separación

La labor del barrendero o locatario inicia desde el momento en que prepara su equipo, accesorios y uniforme en el sitio de encierro, para su posterior desplazamiento al primer punto de barrido, trazado en su Ruta de Barrido. Se debiera barrer cada tramo asignado de la calle mediante la técnica del abanico (para calles estrechas, el abanico se hace en una sola dirección, para calles anchas, el abanico se hace en dos direcciones), acumulando en cada tramo una cantidad suficiente de residuos e ir separando los residuos inorgánico de los orgánicos. Para realizar eficientemente su trabajo el prestador del servicio debe evitar distracciones (en la medida de lo posible), debe realizar completamente su ruta de barrido en el horario asignado, durante su jornada laboral acordada con su contratante.

4.3.3.8 Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles

Este punto debe realizarse de manera conjunta entre todos los habitantes de la localidad, en la cual deben acordar evitar en su totalidad desechar residuos en las calles sus residuos generados tanto dentro, como fuera de sus viviendas. Así como dar mantenimiento frecuente a las calles que colindan con sus propiedades. Las áreas públicas deben ser turnadas para su barrido, en el caso de que no cuenten con el servicio de barrido, ni privado ni público. Para mantener cierto control con respecto a la limpieza de sus calles, es necesario establecer brigadas de vigilancia entre los propios vecinos, esto es denunciar al vecino o visitante que se encuentre desechando residuos deliberadamente en las vías públicas, lotes baldíos, barrancas, ríos, playas, etc.; así mismo obligando a disponerlos en lugares adecuados como los contenedores públicos o vehículos recolectores. Si la propia población no se convence así misma de que ellos son los principales responsables del mantener limpio y aseado el espacio en donde habitan y transitan, es poco probable que el servicio de barrido se de abasto para mantener un alto nivel de limpieza de las calles.

4.3.4 Diagrama de Flujo para el Barrido Integral





4.4 RECOLECCIÓN INTEGRAL

Es el 4o Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.4.1 Concepto

La recolección integral como parte del SMIRSM, consistirá en realizar eficientemente la recolección de los RSM, (1) para evitar que los generadores los desechen inadecuadamente, (2) para recuperar la mayor cantidad de materiales reciclables que se puedan comercializar, y finalmente, (3) para disponer adecuadamente los residuos no reciclables hasta el momento en nuestro país. La eficiencia de esta actividad se pretenderá alcanzar a su máximo siempre y cuando: el sistema de recolección sea el adecuado para la localidad, de acuerdo a infraestructura y vialidades existentes, así como que el generador entregue sus residuos separados adecuadamente y el recolector realice oportuna, responsable y eficientemente su función de recolectar los residuos separadamente y entregarlos a su destino próximo según el convenio establecido con los generadores y con los recicladores, cuando sea el caso.

No se pretende que en las pequeñas localidades la eficiencia de la recolección sea del 100% al inicio de la implementación del sistema integral de sus residuos, sino que este proceso será evolutivo, pues será necesario que los hábitos inadecuados, tanto de los generadores como de los recolectores, sean corregidos. La mayoría de las personas entrevistadas con respecto a su opinión sobre su aceptación por entregar los residuos de manera separada para ayudar a mejorar el servicio de recolección, cree que su trabajo de separar y almacenar adecuadamente sus residuos en su casa, no sirve de nada si el recolector revuelve de nuevo los residuos en el mismo camión. Si el servicio de recolección se brinda adecuadamente, siguiendo ciertos lineamientos y con ayuda de las herramientas necesarias (de acuerdo a sus posibilidades), los generadores interactuarán con los recolectores de sobresalientemente. Y de esta forma se podrán obtener materiales más limpios y separados para su recuperación, cumpliendo con el fin del Sistema Integral de los Residuos Sólidos Municipales, que es reincorporar y aprovechar la mayor cantidad de materiales desechados en los domicilios, disminuyendo los afectos negativos por su inadecuada disposición.

4.4.2 Características de la Recolección Integral

Las características deseables de la recolección integral de los residuos sólidos son las siguientes: selección del sistema de recolección, determinación de la infraestructura para la recolección (equipo y personal), capacitación del personal de recolección, existencia de convenios con los recicladores, determinación de la ruta de recolección (trayectoria, frecuencia y tiempos), monitoreo de la cantidad, volumen y tipo de materiales recolectados una vez iniciada la recolección.

4.4.2.1 Selección del método de recolección

El método de recolección es determinante para que el servicio de recolección de los residuos sea eficaz en las localidades, debido a que si el generador no conoce en que lugar y en que horario puede entregar los residuos que ya no desea tener en su domicilio, entonces se verá en la necesidad de desecharlos en cualquier lugar fuera de su vivienda; del cual se originan los tiraderos improvisados en propiedades ajenas, lotes baldíos, ríos, barrancas y carreteras llenos de basura. En los casos de las pequeñas localidades aisladas de los centros de población del municipio al que pertenecen y no cuentan con recursos para adquirir los vehículos básicos de recolección o solicitar el servicio de recolección, privado o público, deben entonces minimizar sus residuos en sus propios predios. Las pequeñas localidades que puedan contar con un servicio público o privado para la recolección de sus residuos entonces deben elegir el sistema que más se adecue a sus necesidades conforme a las ventajas mostradas en la Tabla 4.4.1.

Tabla 4.4.1 Ventajas de los métodos de recolección en pequeñas localidades

Método de Recolección	Necesidades de los Habitantes de la Localidad
Parada fija o esquina	Útil cuando los generadores tienen la disponibilidad de estar presentes para entregar ellos mismos sus residuos separados y contenidos en los recipientes para su almacenamiento. El generador tiene que hacer fila para esperar su turno de entregar su(s) recipiente(s) al recolector. El recolector vaciará los residuos separados a la caja del vehículo, que se encuentra estacionado en el punto fijado de la ruta de recolección asignada.
Acera	Este es muy útil cuando los generadores no tienen la disponibilidad de estar presentes para entregar ellos mismos sus residuos contenidos en los recipientes para su almacenamiento y están dispuestos a dejar temporalmente su recipiente fuera de su domicilio para que el recolector lo vacíe en su ausencia. El generador tiene que dejar y recoger su contenedor fuera de su domicilio solo en el día de la recolección para que el recolector tenga la oportunidad de vaciarlo en la caja del vehículo.



Tabla 4.4.1 (cont.) Ventajas de los métodos de recolección en pequeñas localidades

Contenedor	Este es muy útil cuando los generadores no tienen la disponibilidad de estar presentes para entregar ellos mismos sus residuos y prefieren depositarlos en un contenedor público asignado para dichos residuos. El generador tiene que dejar sus residuos en el contenedor o contenedores, respetando la separación de los residuos. El recolector tiene que vaciar los residuos del contenedor a su caja, transportar el contenedor ya sea elevándolo o remolcándolo.
------------	--

4.4.2.2 Determinación de la infraestructura para la recolección (equipo y personal)

Es necesario saber con que recursos cuenta la pequeña localidad para poder solicitar o contratar un servicio de recolección, público o privado respectivamente. El servicio puede consistir de una sola persona que conduzca el vehículo y reciba los residuos de los generadores, dependiendo el método establecido; o puede estar conformado por un conductor del vehículo recolector y uno o varios ayudantes para proporcionar el servicio de recolección. Entre mayor sea el número de personas que formen el personal del servicio de recolección, mayor serán los recursos que se deben asignar. Con respecto a los vehículos, existe una gran gama de vehículos recolectores y estos estarán en función de los recursos que puede aportar la localidad para la obtención de los mismos, para localidades con bajos recursos económicos, es conveniente que soliciten el servicio al municipio. Generalmente, los municipios pueden asignar un día a la semana para estas localidades utilizando los mismos vehículos recolectores que se disponen para las localidades de la cabecera municipal. Para seleccionar el tipo de vehículo más conveniente para la localidad se puede apoyar en las ventajas de cada vehículo mostradas en la tabla 4.4.2.

Tabla 4.4.2 Ventajas de los vehículos de recolección en pequeñas localidades

Vehículo Recolectores	Necesidades de los Habitantes de la Localidad
<i>Para vehículos de Caja Fija y métodos de Parada Fija o Acera</i>	
Caja fija rectangular o cilíndrica	Muy útil cuando las localidades cuentan con vías de acceso pavimentadas o de terreno firme. No son recomendables para calles estrechas. Se pueden utilizar para calles con pendientes pronunciadas por el soporte que ofrece la tracción del vehículo. Se recomienda para localidades que entreguen residuos de 1 a 7 Ton.
Caja fija con Compactación	Muy útil cuando las localidades cuentan con vías de acceso pavimentadas o de terreno firme. No son recomendables para calles estrechas. Se pueden utilizar para calles con pendientes pronunciadas por el soporte que ofrece la tracción del vehículo. Se recomienda para localidades que entreguen residuos mayores de 7 Ton.
<i>Para vehículos de Recolección de Contenedores</i>	
Carreta tirada por una mula	Muy útil cuando las localidades no cuentan con vías de acceso pavimentadas y la actividad principal es la agricultura o ganadería, pues se pueden reutilizar los residuos orgánicos para nutrir las tierras de cultivo y ganado. Además este tipo de vehículo no requiere combustible y por lo tanto hay garantía de que no se contaminen las tierras por donde circule. Se recomienda para localidades que entreguen residuos menores de 500 kg. de residuos.
Remolque de contenedor con Tractor o con Transbordador	Muy útil cuando las localidades no cuentan con vías de acceso pavimentadas y los neumáticos comunes de los camiones o triciclos no son funcionales. En el caso de terrenos rurales el tractor es de gran ayuda. En el caso de tener que cruzar ríos, lagos o lagunas, el trasbordador o una barcaza es lo ideal. Se recomienda para localidades que entreguen residuos de 500 kg. a 1 Ton.
Contenedor tipo volteo	Muy útil cuando las localidades cuentan con vías de acceso pavimentadas o de terreno firme. No son recomendables para calles estrechas. Se pueden utilizar para calles con pendientes pronunciadas por el soporte que ofrece la tracción del vehículo. Se recomienda para localidades que entreguen residuos de 1 a 7 Ton.
Grúa para elevar contenedores	Muy útil cuando las localidades requieren el sistema de contenedor. Este tipo de grúas solo puede acceder a terrenos pavimentados o de terreno firme Se recomienda para localidades que entreguen residuos de 1 a 7 Ton.



Tabla 4.4.2 (cont.) Ventajas de los vehículos de recolección en pequeñas localidades

<i>Para vehículos de Caja Fija y/o Recolección de Contenedor</i>	
Caja fija con carga trasera de contenedores	Muy útil cuando las localidades tienen áreas en donde se requiera el sistema de contenedor y áreas donde se requiera el sistema de parada fija o acera. El camión esta provisto para trabajar con ambos métodos de manera simultanea o alterna. Se recomienda para localidades que entreguen residuos de 1 a 7 Ton.
Triciclo de carga trasera o Triciclo de carga frontal	Muy útil cuando las localidades tienen áreas en donde se requiera el sistema de contenedor y áreas donde se requiera el sistema de parada fija o acera. El triciclo esta provisto para trabajar con ambos métodos de manera simultanea o alterna. Se recomienda para localidades que entreguen residuos menores a 500 kg.

4.4.2.3 Capacitación del personal de recolección

Debido a que la recolección es una actividad muy elemental en el SMIRSM, es necesario que las personas responsables de proporcionar el servicio a la localidad estén concientes del la importancia que tiene la realización de su trabajo, si existen fallas en este servicio, no se recuperarán materiales y es muy probable que se encuentren residuos dispuestos inadecuadamente. Tanto el personal recolector como los habitantes de la localidad y autoridades, deben valorizar el desempeño de este trabajo. Es por ello que surge la necesidad de organizar pláticas o inclusive cursos de formación para los trabajadores que realizarán la recolección de los residuos. En las empresas privadas que prestan el servicio de recolección, esto es una práctica común y sus trabajadores se sienten orgullosos del desempeño de su labor, pues están respaldados por la empresa, reciben un salario justo (con sus respectivas prestaciones) y conocen la importancia de realizar eficientemente sus actividades.

En la recolección integral se recomienda que los recolectores se limiten a cumplir con su ruta de recolección, a llevar un registro de las cantidades y clases de residuos que manejan y a llevar a su destino próximo los residuos de manera responsable; se deben prohibir las prácticas de separación dentro del camión con fines de lucro personal, deben brindar su apoyo a los generadores que entreguen directamente sus residuos y deben tratar adecuadamente los contenedores particulares, públicos y la unidad que tienen asignada. Así mismo, deben percibir un salario o remuneración justa por su actividad, y el apoyo del departamento de limpia del municipio o de la empresa privada a la que pertenecen, esto es atender sus necesidades laborales y sobretodo las iniciativas que encuentren necesarias para desempeñar mejor su trabajo. Ellos son los que están en contacto directo con los residuos y pueden llegar a detectar fallas en el sistema o prácticas que puedan llegar a maximizar la eficiencia del sistema de recolección y del servicio mismo.

4.4.2.4 Existencia de convenios con los recicladores

Este es un punto muy importante para diferenciar la actividad de Recolección tradicional de la Recolección Integral, pues aquí es donde se enlaza esta actividad con el Sistema de Reciclaje de los residuos, y por ende el mayor aprovechamiento de los mismos, disminuyendo las cantidades de residuos destinados al enterramiento en los Rellenos Sanitarios. La localidad que solicita el servicio de recolección tanto al municipio como a las empresas privadas debe realizar convenios con Empresas Recicladoras de los productos reciclables y comercializables. En varios países existe una amplia gamma de empresas que recuperan varios tipos de materiales, en México se cuenta con varios grupos recicladores, pero no de la totalidad de los materiales que se generan como RSM. Para las Pequeñas Localidades es suficiente con que se agoten todas las posibilidades por realizar convenios con Empresas Recicladoras de Vidrio, Papel, Plástico, Metal, Multicapas, Hule y Textiles, que son los productos más comunes generados por sus habitantes, los demás materiales pueden ser enviados directamente a los Rellenos Sanitarios. En el caso de los Residuos Orgánicos, que es el mayor porcentaje generado en estas poblaciones es emergente que reusen estos materiales dentro de sus predios o los comercialicen entre los mismos vecinos de la localidad, pues en la mayoría de estas localidades se cuentan con tierras de cultivo y animales de ganado [ver Tratamientos]; de nos ser factible esta opción para los habitantes, pueden comercializar estos materiales con Empresas productoras de composta o bien a las Plantas de Composta más cercanas a la localidad, dentro del mismo municipio.

4.4.2.5 Determinación de la ruta de recolección

La forma ordenada de recolectar los residuos está determinada por las Rutas de Recolección diseñadas para cada localidad, tomando en cuenta sus características geográficas y topográficas, el tamaño de la población, las cantidades y características de residuos, las capacidades



del vehículo recolector, la frecuencia determinada para la recolección y los sitios de destino próximo de los residuos, factores observados y estudiados en los puntos anteriores. Es por ello que el diseño adecuado de las Macrorutas y Microrutas será una buena base para que el sistema de recolección se desempeñe eficientemente. Es muy posible que trazada la ruta de manera teórica tenga que ser modificada ligeramente cuando el vehículo recolector haga su recorrido de manera práctica, sin embargo solo se deben hacer cambios que mejoren la calidad del servicio (reflejados en distancia y tiempo). Seguir una metodología para la realización de dichas rutas da mayor validez al diseño de las mismas, pues es menos probable que se olviden factores importantes por considerar el recorrido.

Existen algunos softwares diseñados para el trazado de las rutas en los cuales se puede apoyar el responsable de la elaboración de estos recorridos, pero es necesario contar con un equipo que soporte el software y que el diseñador esté familiarizado con las herramientas a aplicar. Por ejemplo con el software MARS, es necesario tener conocimiento del mismo Software, de la técnica propuesta por el autor y de programación. Sin embargo el diseño convencional de las rutas es una opción muy viable, y solo requiere de usar los criterios y cumplir los pasos y recomendaciones que las metodologías de diseño proponen para el trazado a mano alzada de las rutas.

4.4.2.6 Monitoreo de la cantidad, volumen y tipo de materiales recolectados una vez iniciada la recolección

Actualmente los vehículos recolectores del servicio público que usan el sistema convencional, no llevan un registro puntual de los residuos que reciben de los generadores o que recolectan de los contenedores públicos, datos como: cantidad de residuos entregados por vivienda, cantidad de viviendas o contenedores servidos en cada recolección, tipos de residuos recibidos, cantidad de materiales peligrosos, materiales especiales o de construcción recibidos, etc. Solo se cuenta con los valores registrados en los rellenos sanitarios que cuentan con la báscula para pesar el vehículo recolector que entra y sale para depositar los residuos, y sabemos que la mayoría de los sitios de disposición no cuentan con este sistema de pesaje. Así que se pierde información valiosa, para poder realizar estadísticas y obtener estimaciones del comportamiento de los generadores en cuanto a consumo y desecho de sus residuos. Para el reciclaje integral es imprescindible que estos datos sean recopilados a través del llenado de un sencillo formato de trabajo y sea entregado a los supervisores del Servicio, los cuales puedan hacer más eficientes las estrategias de recolección y comercialización de los residuos.

4.4.3 Procedimiento para realizar la Recolección Integral

El procedimiento propuesto para realizar la recolección integral en una PL se describe a continuación en ocho pasos.

4.4.3.1 Escoger el sistema de recolección

Para poder escoger cual es el método de recolección adecuado para las necesidades de la población, se debieran contestar ciertas preguntas, que pueden ser básicamente las mostradas en la siguiente guía de la Tabla 4.4.2.

Tabla 4.4.3 Guía para selección del método de recolección

No.	Preguntas para seleccionar un Sistema de Recolección	Puntuación		
I.	Tipo de Servicio Público o Privado			
1	¿La localidad cuenta con los recursos necesarios para solicitar un servicio de recolección privada?	si	no	
2	¿La localidad tiene los medios para solicitar y asegurar el servicio de recolección pública prestada por el municipio?	si	no	
II.	Tipo de Método de Recolección			
3	Generación total de residuos a recolectar en el área asignada (a y b) de 100 a 500 kg diario, (c) de 500 a 1 Ton diaria	a	b	c
4	¿La mayoría de las viviendas generadoras cuentan con un habitante que pueda entregar los residuos en un horario determinado? (a) si, (b y c) no	a	b	c
5	¿La mayoría de las viviendas generadoras no pueden entregar sus residuos personalmente y prefieren dejar sus residuos en un contenedor fuera de sus viviendas? (a y c) no, (b) si	a	b	c
6	¿Qué tan segura es la zona en donde se puedan dejar los contenedores fuera de las viviendas sin sufrir daños por terceros o fauna nociva? (a y c) insegura, (b) segura	a	b	c
7	¿La mayoría de las viviendas están dispuestas a colocar sus residuos en un contenedor colocado estratégicamente en el área de recolección?	a	b	c



(a y b) no, (c) si			
--------------------	--	--	--

Tabla 4.4.3 (cont.) Guía para selección del método de recolección

8	¿La localidad cuenta con vehículos recolectores en su zona o tiene la capacidad de conseguirlos (compra o manufactura propia)? (a y b) si cuenta, (c) no cuenta	a	b	c
9	¿La localidad cuenta con contenedores públicos en su zona o tiene la capacidad de conseguirlos (compra o manufactura propia)? (a y b) no cuenta, (c) si cuenta	a	b	c

La 1ª parte de esta tabla es contundente para decidir si se pedirá el servicio al municipio o si se contratarán los servicios de una empresa privada (nótese que una empresa privada puede estar formada por un gran consorcio o por una pequeña empresa o por una sola persona que desee prestar el servicio de recolección).

La 2ª parte de esta tabla requiere que se escojan 1 o dos letras de acuerdo a la respuesta de la pregunta. Este método resulta muy evidente, pues se deben contar el número de respuestas "a", de respuestas "b" y de respuestas "c" escogidas, la letra "a" corresponderá a "Método de Parada Fija", la letra "b" corresponderá a "Método de Acera" y la letra "c" corresponderá a "Método de Contenedor", el mayor número de letras determinará el método más adecuado para la población.

Por ejemplo para una configuración de respuestas: I. 1-si, 2-no, II. 7a's, 4b's y 2c's, el sistema requerido es un sistema privado con método de parada fija.

4.4.3.2 Calcular las dimensiones del vehículo recolector

Los cálculos para las dimensiones de la caja del vehículo recolector requerido es muy similar a los cálculos para el dimensionamiento del contenedor para almacenamiento domiciliar de los residuos, visto en uno de los puntos anteriores. Por lo que se recomienda aplicar las siguientes ecuaciones en el orden mostrado a continuación:

Tabla 4.4.4 Cálculos para dimensionamiento del vehículo recolector

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1º	$P_{servir} = A_{servir} \times \rho_{media}$	P_{servir} = población por servir (hab), número de habitantes por servir en el área de recolección asignada a un vehículo recolector. A_{servir} = área por servir (ha), tamaño de área por servir con el servicio de recolección, tal como conjunto de viviendas, manzanas, cuadras, polígono específico, etc. ρ_{media} = densidad media de población (hab/ha), número de habitantes que hay en una unidad de área determinada, como metros cuadrados o hectárea. (ρ_{baja} = 60 a 80 hab/ha, ρ_{media} = 80 a 120 hab/ha, ρ_{alta} = mayor a 120 hab/ha).
2º	$G_{Total} = G_{media} \times P_{servir}$	G_{Total} = generación total (kg/día), peso de los residuos generados por determinado número de habitantes en un día. G_{media} = generación media (kg/hab-día), peso de los residuos generados por cada habitante en un día.
3º	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	V_{diario} = volumen diario (m³), volumen de los residuos generados cada día, sin compactación. PV = peso volumétrico (kg/m³), peso de los residuos generados que ocupa una unidad de volumen determinado.
4º	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recoleccion}$	$V_{requerido}$ = volumen requerido (m³), volumen necesario para disponer los residuos en la caja del vehículo recolector. $F_{recoleccion}$ = frecuencia de recolección (días), número de días que tardará en realizarse la recolección de los residuos.
5º	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$V_{diseño}$ = volumen de diseño (m³), volumen que deberá tener la caja del vehículo recolector. F_s = factor de seguridad (adimensional), valor numérico que representa un porcentaje de volumen adicional al volumen requerido, para que pueda almacenar los residuos recolectados de más (por ejemplo en cuando se realizan fiestas, cuando se realiza limpieza



	de la vivienda, o que la frecuencia de recolección de los residuos se retarde uno o dos días).
--	--

Generalmente los vehículos recolectores convencionales se pueden encontrar con las características, siguientes: capacidad volumétrica de 1 a 16 m³, capacidad de carga de 7 Ton, con compactación mecánica de 300 a 400 kg/m³ y sin compactación mecánica de 150 a 250 kg/m³. Por lo que es muy usual que ya teniendo el valor del volumen de diseño que puede satisfacer la demanda de la población, entonces se puede buscar uno o varios equipos existentes que cubran dicha demanda.

4.4.3.3 Asignar el personal para prestar el servicio de recolección

Cuando el Servicio de Recolección sea público, el Departamento de Limpia de cada Municipio tiene asignados un número de personas para las actividades de limpia, entre ellas el barrido público y la recolección de los residuos. Generalmente, las Pequeñas Localidades carecen de este servicio por encontrarse muy alejados de la cabecera principal, sin embargo no se debe olvidar que las leyes del país contemplan que el Municipio debe hacerse cargo de tales servicios, por lo que se debe entablar una relación entre las localidades y el municipio para llegar a un acuerdo para la recolección de los residuos, con el fin de obtener un beneficio mutuo. La ventaja de estas localidades es que por su tamaño, pueden requerir menor infraestructura que las grandes ciudades, por lo que basta con una persona que se encargue de la conducción del vehículo recolector y de la recolección del mismo. Cuando el Servicio de Recolección sea privado, entonces queda la responsabilidad de la asignación del personal a la empresa concesionada, o particular que preste el servicio. En este apartado cabe mencionar que cuando el prestador del servicio de recolección es una persona que trabaja de manera independiente, entonces ella misma debe procurarse los medios para poder brindar un adecuado servicio a la población. Generalmente estas personas trabajan en Pequeñas Localidades con un número pequeño de habitantes.

4.4.3.4 Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores

Los convenios que se deben tener con las empresas recicladoras o grupos de intermediarios para la comercialización de los materiales recuperados en la recolección domiciliar, en teoría deben ser muy específicos en cuanto al costo unitario de los materiales comerciables, y en cuanto a la frecuencia y lugar de entrega y recepción de los residuos. Debido a que las opciones de convenios pueden ser muy variables de acuerdo al tipo de empresa y la cantidad de materiales que se recolecten para la comercialización, es muy difícil establecer una metodología para cada una de las combinaciones de comercialización. Sin embargo, mediante una guía general de los elementos con los que deben cumplir los convenios entre los generadores, los recolectores y los recicladores, es factible realizar los inicios para dichos convenios (Ver tabla 4.4.5).

Tabla 4.4.5 Requerimientos para establecer las bases de convenios entre Generadores-Recolectores-Recicladores

1	Realizar el inventario de los materiales reciclables generados en las localidades, que se pueden comercializar.
2	Investigar los costos unitarios actuales de los materiales reciclables.
3	Contactar a las empresas recicladoras o grupos de intermediarios que se encuentren más cercanos a la zona a la que pertenecen. Entre mas lejos se encuentren los recicladores de las fuentes generadores, mayor será la complejidad del convenio, debido a los costos de transporte de los residuos.
4	Negociar el precio de los materiales a vender. Si el transporte lo pone el servicio de recolección puede aumentar el valor comercial del material. Si el transporte lo pone la empresa recicladora puede disminuir el valor comercial del material.
5	Considerar la construcción o ubicación de un Centro de Acopio para los materiales reciclables, el cual pueda recibir los materiales de varias Pequeñas Localidades que se pongan de acuerdo para su administración y uso. En este centro los Recolectores pueden disponer los materiales y los Recicladores pueden recoger los residuos ya acondicionados y embalados.

4.4.3.5 Diseñar las rutas de recolección

Con el siguiente esquema de la Figura 4.4.6 se pueden observar los pasos que se debieran realizar para diseñar la Macro ruta y Micro ruta para la Ruta de Recolección. Como se puede observar para ambos trazados es necesario contar con el Plano donde se ubique como están dispuestos los predios, manzanas, calles y áreas públicas que conforman la Localidad.

- La Macro ruta se traza para tener una idea clara de donde se quiere iniciar y terminar el recorrido del vehículo recolector desde el momento en que sale del sitio de encierro hasta el momento en que regresa a este.
- La Micro ruta para tener de manera detallada por que vialidades circulará el vehículo para pasar por todas las viviendas a las que se les desee brindar el servicio o por los sitios en donde se localizarán los contenedores públicos.

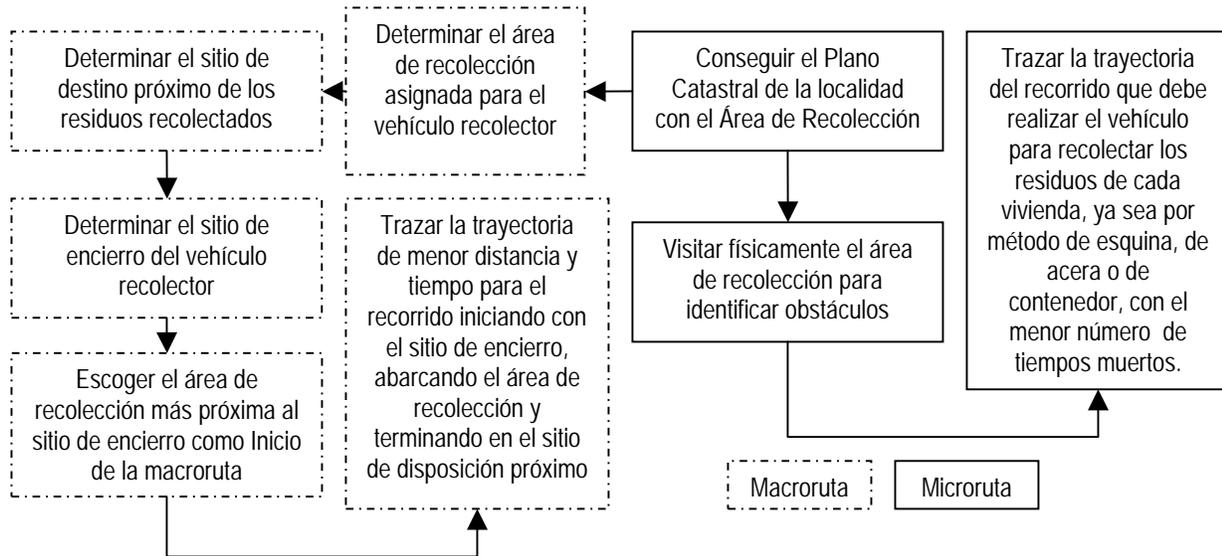


Fig. 4.4.6 Metodología simplificada para trazado de macro y micro rutas de recolección

4.4.3.6 Recolectar los residuos de acuerdo al sistema

El recorrido que deben realizar los vehículos recolectores debe apegarse a la Ruta de Recolección diseñada estratégicamente para abastecer toda el área asignada para la recolección. Es importante que se respete la ruta trazada para no dejar de servir a alguna vivienda o grupos de viviendas, las cuales puedan quejarse del servicio posteriormente o en el peor de los casos desechar inadecuadamente sus residuos. El conductor del vehículo y sus ayudantes deben seguir el itinerario establecido para cubrir la ruta de recolección, para recolectar la mayor cantidad de residuos posibles proporcionados de manera separada por los generadores en cualquiera de los tres métodos, debe aprovechar al máximo la capacidad del vehículo en el tiempo en que dure su jornada laboral, y debe llevarlos responsablemente a su destino próximo.

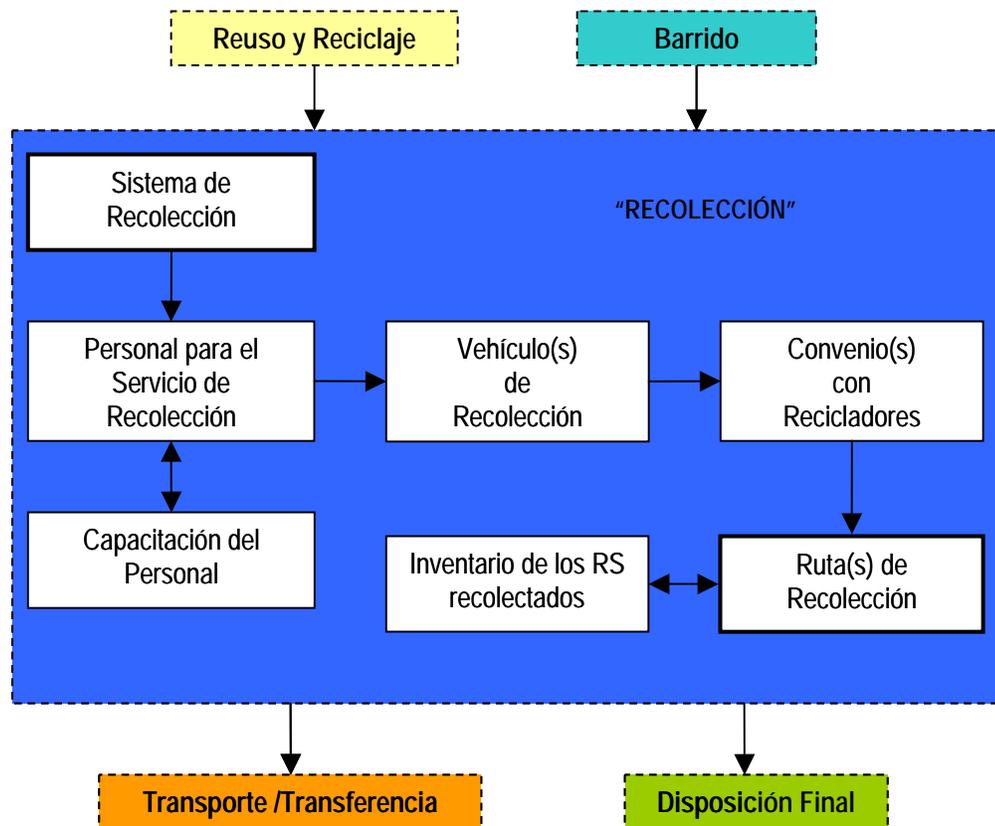
4.4.3.7 Llevar los residuos a su destino próximo

Los residuos que recolecten los prestadores del servicio de recolección deben ser llevados oportunamente y frecuentemente a los sitios que serán su destino próximo o final, tales como los Centros de Acopio, las Estaciones de Transferencia o Relleno Sanitario correspondiente de la localidad. También se contempla como destino próximo, a las Plantas de Selección y Plantas de Composta [Ver Reciclaje y Tratamiento], en las cuales se dará un acondicionamiento y tratamiento a los residuos inorgánicos y orgánicos respectivamente. Cuando los vehículos recolectores son de pequeña capacidad y requieren dar varios viajes para cubrir la totalidad de los residuos demandados para la recolección, se hace necesario que estos se conduzcan a una Estación de Transferencia, en la cual habrán vehículos de mayor capacidad que puedan realizar los viajes más largos a los Centros de Acopio, Plantas de Selección, Plantas de Composta y al Relleno Sanitario [ver Transporte y Transferencia].

4.4.3.8 Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos

En el momento en que se empiecen a recibir los residuos por parte de los generadores o encontrados en los contenedores, es necesario hacer un conteo a grosso modo de los residuos que entran a la caja del vehículo recolector. Retardaría la actividad de la recolección el estar pesando contenedor por contenedor que se reciba en el vehículo, por lo que se debe implementar una técnica que agilice la cuantificación y cualificación de los materiales recibidos. Como se pretende que los materiales recibidos serán de manera separada, esto debe simplificar el trabajo de la realización del inventario. Las técnicas rápidas del conteo pueden consistir en contar el número de personas que entregan residuos, el tamaño y número de los contenedores que se vacían, contar los tipos de materiales que entregan, etc. Esta tarea la puede realizar el conductor que no este recibiendo los materiales. En el caso de los contenedores se debe anotar la altura del llenado del contenedor. Ya después en oficina se pueden realizar los cálculos necesarios para estimar el volumen y los porcentajes finales de los materiales. De gran ayuda será cuando los Rellenos Sanitarios cuenten en su totalidad con básculas para el pesaje de los vehículos antes y después de la disposición. En los centros de acopio debe haber sistemas para la facilitación de las capacidades de los materiales recibidos.

4.4.4 Diagrama de Flujo para la Recolección Integral



4.5 REUSO Y RECICLAJE INTEGRAL

Es el 3er Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.5.1 Concepto

El reuso y reciclaje integral como parte del SMIRSM, consistirá en rescatar los elementos económicamente reutilizables y reintegrarlos a sus ciclos de vida correspondientes, el cual puede ser traducido en apoyar el desarrollo de plantas de reciclaje de residuos y de elaboración de composta principalmente; con el objetivo de aumentar la recuperación de los materiales desechados por los generadores de pequeñas localidades y disminuir los volúmenes de estos residuos destinados a rellenos sanitarios y tiraderos clandestinos. Esta actividad está orientada tanto para los pobladores de la localidad como a los recicladores que se encarguen de aprovechar los materiales recuperados por dichos pobladores; es decir que el reuso y reciclaje integral se puede efectuar tanto en el hogar o en las empresas recicladora. El intercambio entre los pobladores de la localidad con las empresas recicladoras debe ser redituable para ambas partes, tanto en el aspecto económico como en la disminución de los materiales enviados a disposición final.

La idealidad del reuso y reciclaje sería aprovechar en la totalidad los residuos sólidos municipales generados por los habitantes de la localidad; sin embargo como las demás actividades analizadas anteriormente, no se espera que se obtenga al 100% el reuso y reciclaje de los materiales

generados en los domicilios de manera inmediata; sin embargo la tendencia sería tratar de desarrollar la inventiva de cada uno de los generadores para propinarle el mejor destino a los materiales que consume normalmente. Debido a que los residuos generalmente encontrados en las pequeñas localidades no son tan diversos como los de las grandes ciudades, se esperaría que fuera más sencilla esta labor, pues a menor número de residuos generados (en cuanto a clases de subproductos y generación de residuos), menor número de procesos para reusar y reciclarlos.

4.5.2 Características del Reuso y Reciclaje Integral

Las características deseables del reuso y reciclaje integral de los residuos sólidos son las siguientes: selección de materiales aprovechables, acondicionamiento de materiales aprovechables, clasificación de materiales para reusar y/o reciclar, asignación de la forma de reuso/reciclaje de los materiales en el hogar, selección de la vía de comercialización de materiales a reusar/reciclar por empresas recicladoras, comercialización de los materiales.

4.5.2.1 Selección de materiales aprovechables

La separación de los residuos en el origen y la recolección selectiva solucionan en gran parte el problema más común que presentan las plantas de tratamiento: el separar algo tan heterogéneo, mezclado y compactado como los residuos que llegan en los grandes camiones-prensa. Esta estrategia requiere de la recolección, separación y recuperación de los residuos. Como ejemplo de ello, puede citarse la utilización de papel de periódicos para la fabricación de cierto tipo de papel, y la recuperación de vidrio, metales ó envases de plásticos para su introducción en el mercado de materiales secundarios. La viabilidad y características de esta estrategia se hallan muy relacionadas a la composición semi-cuantitativa de los residuos. La fase de recolección, es la más costosa, suele llevarse el 80% del total del presupuesto destinado a los sistemas integrales de residuos, razón por la que se ha desarrollado un próspero mercado para todo tipo de equipos de recolección. Cabe consignar por otra parte que, la mejor modalidad en cuanto al lugar de separación de materiales para su reuso o reciclaje, lo constituye la fuente de generación, previamente a que los residuos hayan sido mezclados en el proceso de su recolección y disposición final.

4.5.2.2 Acondicionamiento de materiales aprovechables

Casi la mitad de los residuos sólidos municipales, está constituida por materiales no fermentables, y son aquellos que se conocen como inertes o inorgánicos, la mayor parte de los cuales son o han sido envases o embalajes del producto consumido. Algunos envases, los retornables, pueden volver al ciclo comercial sin más que lavarlos adecuadamente (determinados envases de vidrio pueden retornar hasta 90 veces), otros en cambio deben sufrir transformaciones más complejas para ser reciclados. Si consideramos que la producción de RSM en una localidad es de 1.300.000 Ton/año y que casi el 30%, son de difícil o imposible recuperación (por sus características intrínsecas, estado de mezcla, tamaño, etc.) nos queda aún el 70% o sea 910.000 Ton/año susceptibles de algún tipo de recuperación o aprovechamiento. Del total producido un 34% está constituido por materia orgánica composteable y un 36% corresponde a materiales inorgánicos reciclables (Córdobaambiente, 2005). Se requieren realizar las medidas necesarias para entregar los materiales como si nosotros mismos los fuéramos a utilizar, para ello se recomiendan las siguientes medidas:

- Compactar, Granular, Limpiar, Moler, Secar, Separar por color, Separar por tipo, Separar por tipo para ciertos procesos, Retirar etiquetas, Retirar gomas, grapas, y lazos, Retirar mezcla de otros residuos.

4.5.2.3 Clasificación de materiales para reusar y/o reciclar

Con la separación desde la fuente de generación, la clasificación de los residuos ayudará en gran medida a la eficiencia del proceso de reuso y reciclaje de los materiales que están destinados a reincorporarse al mercado para prolongar su ciclo de vida. Por tal motivo, es necesario que el generador separe adecuadamente sus residuos, que el recolector mantenga y mejore la separación, para que finalmente el reciclador reciba los materiales en las mejores condiciones posibles.

4.5.2.4 Asignación de la forma de reuso/reciclaje de los materiales en el hogar.

Antes de enviar los productos a tratamiento, mediante un sistema de recolección o centro de acopio, es imprescindible que el generador haga una "reflexión" con respecto al destino que deben seguir sus residuos generados, si realmente es un desecho su residuo del producto consumido, o si este puede tener algún beneficio al ser reusado o reciclado en su propio domicilio. En este momento es cuando surge la imaginación del poblador para asignar una forma de reuso y reciclaje a los materiales que cumplieron su función al ser consumidos por el mismo. De acuerdo al uso que se le da, estos materiales pueden perdurar dentro de los domicilios a corto, a mediano y a largo plazo, lo cual prolongará la utilidad de los materiales evitando su pérdida en una posible inadecuada disposición de estos. Se espera que en el transcurso de los años, las tecnologías para procesar los materiales provenientes de los residuos sólidos municipales, se diversifiquen y encuentren mayores y



mejores utilidades para los mismos, con el fin de utilizar menos materias primas de los recursos naturales y reaprovechar más materiales provenientes de los residuos. Quizá en el hogar estos materiales puedan esperar a que estas tecnologías progresen y entonces poder aportar dichos materiales para alargar su ciclo de vida.

4.5.2.5 Selección de la vía de comercialización de materiales a reusar/reciclar por empresas recicladoras.

Los sistemas de reciclaje que actualmente están en operación, son de pequeña escala, se dan solamente en pocas comunidades e involucran generalmente residuos de metal, papel, cartón y madera. Por lo general, son compañías privadas y pequeñas sin relaciones formales con las autoridades responsables del manejo de residuos sólidos municipales, las que están tomando la iniciativa en esta área; lo cual es muy loable. Sin embargo el compromiso dará soporte a la relación entre generadores, recolectores y recicladores, sino se establecen adecuadamente las responsabilidades y las pautas en las que se negociaran los productos, es muy probable que la actividad se deteriore y los residuos vuelvan al triste e indeseado destino final que tenían anteriormente. Por ello es necesario establecer las vías de comercialización de los materiales de las siguientes formas propuestas:

- Particular a particular. La comercialización o intercambio (donación) del o los materiales se realizará entre los mismos habitantes de la localidad, sin que intervenga alguna empresa privada o el municipio. Este tipo de intercambio se puede hacer con los residuos de comida que genere un habitante y sean destinados a los animales de ganado de otro habitante. De igual manera se pueden comercializar materiales inorgánicos, según las necesidades de los involucrados.
- Particular a municipio. La comercialización o intercambio (donación) del o los materiales se realizará entre los habitantes de una vivienda de la localidad y el municipio. Este tipo de intercambio se puede hacer con los residuos inorgánicos, orgánicos y sanitarios. El municipio será el responsable de entablar la relación con la empresa recicladora (plantas de selección, plantas de tratamiento, plantas de composta, etc.)
- Comunidad a Municipio. La comercialización o intercambio (donación) del o los materiales se realizará entre todos los habitantes de la localidad (comunidad) y el municipio. Este tipo de intercambio se puede hacer con los residuos inorgánicos, orgánicos y sanitarios. El municipio será el responsable de entablar la relación con la empresa recicladora (plantas de selección, plantas de tratamiento, plantas de composta, etc.)
- Comunidad a Empresa. La comercialización o intercambio (donación) del o los materiales se realizará entre todos los habitantes de la localidad (comunidad) y una Empresa Particular. Este tipo de intercambio se puede hacer con los residuos inorgánicos, orgánicos y sanitarios. La comunidad será la responsable de entablar la relación con la empresa particular, la cual a su vez, puede ser un intermediario o la misma empresa recicladora (plantas de selección, plantas de tratamiento, plantas de composta, etc.)

4.5.2.6 Comercialización de los materiales

La comercialización de los materiales debe estar enfocada al tipo de material que se pretende intercambiar por un beneficio, ya sea económico o únicamente por solución a los problemas ambientales, además de obtener los medios de financiamiento para poder realizar los compromisos necesarios involucrados en la comercialización, como son:

- Comercialización de composta y/o lombricomposteo. La cobertura del mercado estará en función de las cantidades producidas en las diferentes localidades. Ante ello queda la alternativa de buscar mercados a nivel estatal y nacional para que sea posible contar con calidad y cantidad. La cantidad se conseguiría si se pudiera ofrecer la producción conjunta de todas las localidades y en cuanto a la calidad es necesario contar con estándares comunes de acuerdo a las exigencias de los mercados. Esto llevará a buscar un organismo idóneo que pueda analizar y certificar la calidad de los diferentes abonos en base al mismo criterio de análisis.
- Comercialización de productos inorgánicos. La cantidad requerida, el costo del transporte, los diferentes requerimientos según las diferentes empresas, el costo del equipamiento necesario para acondicionar el material son algunos de los impedimentos que pudieran surgir en la comercialización. El reciclaje ó reuso no es posible hacerlo desde una sola localidad, es necesario trabajar en conjunto con otras localidades.
- Financiamiento de la comercialización. La necesidad de contar con fuentes de financiamiento es un tema importante, lo que hace necesario el trabajo en conjunto de las localidades para lo cual, al igual que en otros aspectos, es necesario discutir algún tipo de organización que permita un trabajo ágil y continuo y elaborar proyectos para luego realizar la búsqueda de financiamiento.



La concientización de la localidad es necesaria para poder realizar la comercialización o donación de sus residuos generados, pues sino esta convencida del beneficio que obtendrá al entregar de manera responsable sus residuos, entonces estos seguirán en el mejor de los casos su camino a los rellenos sanitarios, en el que quizá esté cubierta la solución de la contaminación ambiental por residuos dispuestos inadecuadamente, pero el agotamiento de recursos naturales no. El constante crecimiento, el interés hacia el medio ambiente nos facilita enormemente la tarea que ya hemos iniciado. El objetivo es conseguir que la comunidad asuma la propiedad de su programa de reciclaje, que ponga su sello en el programa. No todos pueden implicarse en los aspectos de comercialización y gestión del programa de reciclaje, pero sí toda la sociedad puede ayudar a comunicar, retroalimentar, discutir y mejorar el mensaje del reciclaje.

4.5.3 Procedimiento para realizar el Reuso y Reciclaje Integral

El procedimiento propuesto para realizar el reuso y reciclaje integral en una PL se describe a continuación en cinco pasos.

4.5.3.1 Seleccionar y cuantificar de los materiales aprovechables

Para seleccionar y cuantificar los materiales aprovechables que se generan en la población se debe:

1. Realizar el inventario de los materiales aprovechables generados en la localidad, ya sea mediante un Estudio de Generación de acuerdo a la normatividad mexicana vigente, tal como la NMX-061-AA-1985, en el cual se determinen que tipo de subproductos y en que cantidad se están generando. Los datos muy útiles por obtener se deben dar en kg y % en peso.
2. Investigar los costos unitarios actuales de los materiales aprovechables, de acuerdo al tipo de localidad y al municipio, estado o región al que pertenecen, se puede investigar el tipo de empresarios, pequeños y grandes, públicos o privados, que se encuentran acopiando y recolectando los RSM aprovechables para procesarlos y finalmente comercializarlos como productos finales.

Con estas dos actividades se podrá identificar cuales y cuantos son los subproductos que se están generando y son potencialmente aprovechables, para determinar su forma de comercialización y dejar de enviar a disposición final. De acuerdo a la siguiente Tabla 4.4.1 se puede distinguir entre los materiales que se pueden usar sin requerir un tratamiento y los materiales que se pueden reciclar, el cual requiere de un tratamiento previo para ser aprovechado nuevamente.

Tabla 4.5.1 Materiales aprovechables provenientes de RSM

Material	Reusar	Reciclar
Hule	Envases y objetos de hule, llantas, etc.	Recipientes y objetos de hule de todo tipo de colores, espesores, tamaños y productos.
Metales	Envases de metal, láminas, alambres, tapas, resortes, bloques, clavos, tornillos, tuercas, etc.	Recipientes y objetos de metal de todo tipo de metales (hierro, estaño, cobre, bronce, etc.), espesores y tamaños y productos.
Papel y cartón	Papel de oficina con una cara de la hoja sin tinta, cajas de cartón, pedacería de papeles de colores y cartones, etc.	Periódico, cartón corrugado, papel de oficina, papel mezclado, envases de alimentos, papel higiénico, toallas de papel, documentos encuadernados.
Plástico	Envases de plástico de todo tamaño y tipo de plástico, etc.	Botellas de refresco, recipientes de alimento, botellas o bolsas de leche o detergente, tuberías, cajas, maletas, etiquetas, tapas, vasos y platos de unicel, etc.
Multicapas	Envases de multicapas secos.	Envases de multicapas (completos y pedacería).
Textiles	Ropa, retazos de tela, trapos, etc.	Ropa, retazos de tela, trapos, etc.
Vidrio	Envases de vidrio de todo tamaño y tipo de vidrio, etc.	Recipientes y objetos de vidrio de todo tipo de colores, espesores, tamaños y productos.
Materia orgánica	Restos de alimentos, como alimento de animales de crianza.	Composta casera o local como abono orgánico.

4.5.3.2 Asignación de la forma de reuso/reciclaje

Cada material recibe una asignación de reuso y/o reciclaje de acuerdo a sus características particulares, y las cuales en el país actualmente se hacen de la siguiente manera mostrada en la Tabla 4.5.2



Tabla 4.5.2 Formas de reuso y reciclaje para materiales aprovechables de RSM

Material	Reuso	Reciclaje
Hule		
Hule de llanta	Loderas para camión, macetas	Combustibles, Nuevas llantas
Hule, cuerda nylon, alambre de acero	-	Llantas
Llantas	-	Suelas para zapatos, juegos infantiles
Metales		
Chatarra de acero	-	Perfiles para fabricación, maquinaria y estructuras
Chatarra de aluminio	-	Lingote de aluminio para la industria envasadora
Chatarra de aluminio, hierro y bronceo	-	Piezas de maquinaria en general
Chatarra de cobre	-	Conectores eléctricos, tuercas y válvulas
Desperdicios de cinc, aluminio y plomo	-	Óxido de cinc
Desperdicios de conductores eléctricos	-	Barras de cobre
Pedacería de ladrillo refractario	-	Material refractario
Papel y Cartón		
Papel y cartón	Papel de oficina y recipientes de cartón	Papel reciclable y Cartón
Plástico		
Botellas de plástico	Envases para líquidos, café, etc.	-
Otros plásticos	-	Juquetes, suelas para zapatos tenis, etc.
Plástico en película	-	Hidroxietil celulosa
Poliétileno de alta densidad	Tarimas de plástico	-
Poliétileno, PVC	Poliducto para agua e instalaciones eléctricas	-
Residuos Orgánicos		
Bagazo de caña de azúcar	-	Papel
Frutas, legumbres, pan, tortillas y carne en descomposición	Alimento para animales; mejoradores de suelos (composta)	-
Huesos y cartilagos	-	Alimentos, gelatinas, cosméticos, pegamentos, farmacéuticos, abonos y fertilizantes
Multicapas		
Envases de multicasas	Paredes de multicasas	Celulosa, Aluminio y plástico
Textiles		
Ropa	Ropa de segunda mano	Estopa
Trapo	-	Estopa
Vidrio		
Envases de vidrio	Envases para mermeladas, café, etc.	-
Fibra de vidrio de tercera	-	Fibra de vidrio para aislamientos termostáticos
Pedacería de vidrio	Toda clase de productos de vidrio	Toda clase de productos de vidrio
Otros		
Colchones viejos	Colchones y bases para colchón	-
Madera de pino	-	Aglomerados

4.5.3.3 Acondicionar los materiales

Es necesario darle un acondicionamiento previo a los RSM para que sus condiciones de aprovechamiento se den eficientemente. El acondicionamiento se puede brindar en el hogar (en la fuente de generación) como en los Centros de acopio de la localidad o más cercanos. Si el RSM se reusa en el hogar, este debe estar libre de residuos de comida, de humedad y de materiales que puedan lastimar a los habitantes de la casa. Si el RSM se va enviar a reciclar, este tendrá mayor valor económico entre más limpio y libre de materiales ajenos, se venda. Se puede seguir las siguientes tipos de acondicionamientos de acuerdo al tipo de material mostrado en la siguiente tabla 4.5.3.



Tabla 4.5.3 Especificaciones de compra en Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje

Material	Acondicionamiento
Hule	Enjuagar con un mínimo de agua para los que estuvieron en contacto con líquidos y residuos orgánicos, secar, desprender etiquetas de plástico, telas y metales (enviándolos con los materiales de plásticos, textiles y metales respectivamente), separar por tipos (resinas blandas, duras y llantas).
Metales	Secar la humedad, limpiar con trapo seco los residuos orgánicos, quitar gomas, textiles y plásticos (enviándolos con los materiales de hule, textiles y plásticos, respectivamente), separar por tipos (fierro, aluminio, cobre, estaño, níquel, etc.), desarmar y/o alinear, y compactar.
Papel y cartón	Secar la humedad, limpiar con trapo seco los residuos orgánicos, quitar grapas, gomas y lazos (enviándolos con los materiales de metales, hule y textiles, respectivamente), separar por tipos (papel, cartón, periódico, etc), desarmar y/o alinear, y compactar.
Plástico	Enjuagar con un mínimo de agua para los que estuvieron en contacto con líquidos y residuos orgánicos, secar, desprender etiquetas de plástico, aluminio y gomas (enviándolos con los materiales de metales, hule y textiles, respectivamente), separar por tipos (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP y PS).
Multicapas	Secar la humedad, limpiar con trapo seco los residuos orgánicos, quitar grapas, gomas y lazos (enviándolos con los materiales de metales, hule y textiles, respectivamente), desarmar y/o alinear, y compactar.
Textiles	Lavar y secar, quitar grapas, gomas, lazos, etiquetas de plástico y otros metales (enviándolos con los materiales de metales, hule, textiles y plásticos, respectivamente), doblar y alinear.
Vidrio	Enjuagar con un mínimo de agua para los que estuvieron en contacto con líquidos y residuos orgánicos, secar, desprender etiquetas de plástico, metal, telas y gomas (enviándolos con los materiales de plástico, metal, textiles y hules respectivamente), separar por colores.

4.5.3.4 Selección de la vía de comercialización

Existen 4 relaciones de comercialización de los materiales reciclables, por lo cual para hacer una sencilla selección del método más conveniente según la localidad se recomienda consultar la matriz de la tabla 4.5.4.

Tabla 4.5.4 Matriz de selección de vía de comercialización de RSM

	Particular	Municipio	Empresa Recicladora
Particular	Relación entre vecinos Materiales orgánicos	Relación de un habitante con el municipio independientemente de la opinión de los demás vecinos. Materiales orgánicos e inorgánicos	No aplica
Comunidad	No aplica	Relación entre vecinos y el municipio Materiales orgánicos e inorgánicos	Relación entre vecinos y recicladores Materiales inorgánicos

4.5.3.5 Comercialización de los reciclables y envío a recolección

La forma en que se desarrolle la comercialización de los materiales recuperados, tanto orgánicos como inorgánicos estará caracterizada por la vía de comercialización principalmente, seguido del método de recolección que se efectúe en la localidad (ver Tabla 4.5.5) y de la cantidad de los materiales que los particulares o comunidad logren recuperar en un periodo determinado, el cual sea redituable para ambas partes, para el generador como el reciclador, e intermediarios en caso de que existan cerca o en la localidad.

Tabla 4.5.5 Tipo de comercialización de acuerdo al método de recolección en la localidad

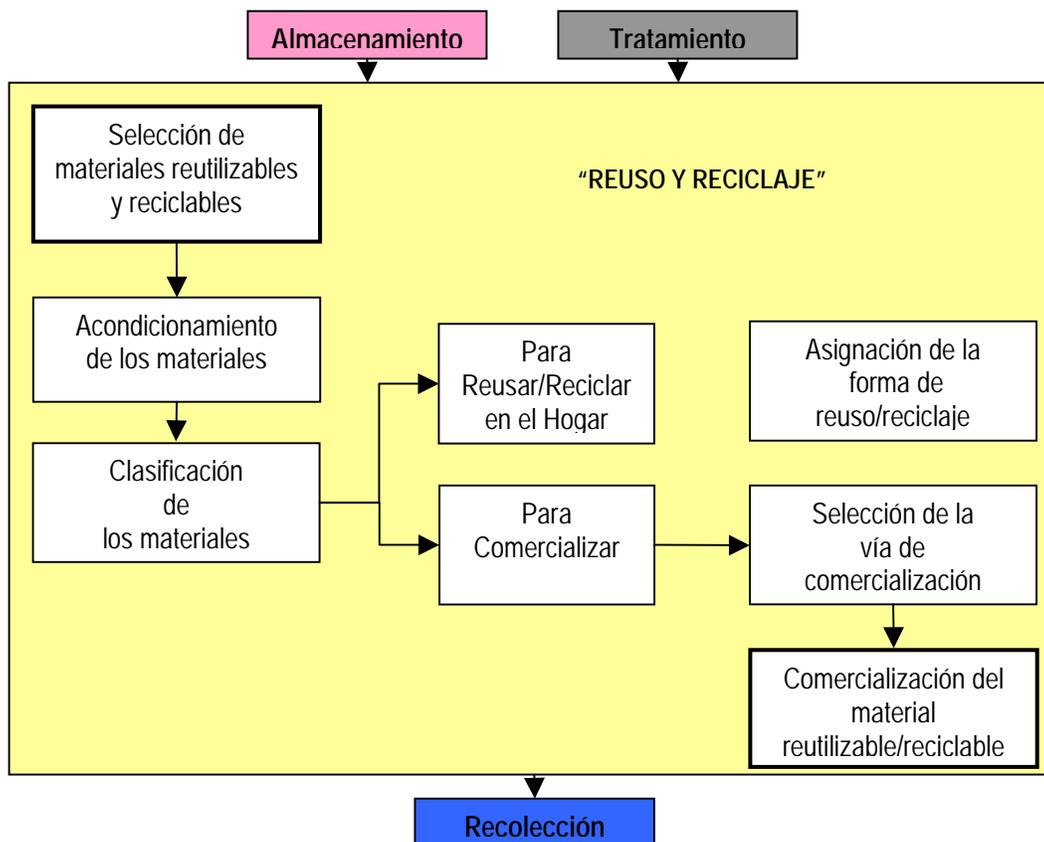
Vía Comercialización	Tipo Acera	Tipo Parada Fija	Tipo Contenedores
Particular-Particular	No aplica	Los vecinos se ponen de acuerdo en el punto de reunión para la entrega y recolección de los residuos, puede ser un punto intermedio o alguna de las dos casas involucradas. La recolección debe ser por parte del particular beneficiario de los materiales.	El particular beneficiario debe proporcionar un contenedor en el que el particular generador deposite los materiales sin necesidad de que se reúnan ambos particulares.



Tabla 4.5.5 (cont.) Tipo de comercialización de acuerdo al método de recolección en la localidad

Particular Municipio	El municipio proporcionará el vehículo recolector y los particulares generadores deberán dejar sus residuos en contenedores visibles y separados frente a su vivienda.	El municipio proporcionará el vehículo recolector y los particulares generadores deberán entregar sus residuos de manera separada al operador o ayudante del vehículo.	El municipio proporcionará el contenedor y el servicio de recolección de estos y los particulares generadores deberán dejar sus residuos en los contenedores de manera separada.
Comunidad-Municipio	El municipio o la comunidad pueden proporcionar el vehículo recolector y la comunidad deberá dejar sus residuos en contenedores visibles y separados frente a su vivienda.	El municipio o la comunidad pueden proporcionar el vehículo recolector y la comunidad deberá entregar sus residuos de manera separada al operador o ayudante del vehículo.	El municipio o la comunidad pueden proporcionar el contenedor y la comunidad deberá dejar sus residuos en los contenedores de manera separada.
Comunidad-Empresa	No aplica	El recolector o la comunidad pueden proporcionar el vehículo recolector y la comunidad deberá entregar sus residuos de manera separada al operador o ayudante del vehículo.	El recolector o la comunidad pueden proporcionar el contenedor y la comunidad deberá dejar sus residuos en los contenedores de manera separada.

4.5.4 Diagrama de Flujo para el Reuso y Reciclaje Integral





4.6 TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA INTEGRAL

Es el 5o Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.6.1 Concepto

El transporte y transferencia integral como parte del SMIRSM consistirá en que el transportista de residuos, sea responsable en utilizar eficientemente el transporte y método asignado para realizar la transferencia, de residuos de una o varias localidades, a los diferentes sitios de destino próximo, custodiando la integridad de los residuos desde que son recibidos de los vehículos recolectores hasta que son entregados al responsable del centro de acopio, planta de tratamiento o sitio de disposición final. Un residuo determinado que requiere ser transferido para disminuir los costos de operación y mantenimiento de los vehículos recolectores, debe conservar o mejorar las condiciones en las que fue recibido en la Estación de Transferencia, y para ello debe estar coordinado con la recolección, tratamiento y disposición integral.

El transporte y transferencia integral debe incluir métodos de separación y de acondicionamiento de los residuos recibidos, para que en esta etapa se mejore la separación que hicieron los generadores y recolectores, y así poder aumentar el valor agregado de los residuos. El transporte y transferencia integral, también debe incluir métodos para establecer criterios de canalización de los residuos, prefiriendo enviar los residuos a centros de acopio y plantas de tratamiento, que a sitios de disposición final. En la transferencia integral se debe contemplar una logística para recibir separadamente los residuos en la mayor medida posible y cargar los vehículos de transferencia solo con una clase de subproductos de RSM; de esta manera se puede reaprovechar una mayor cantidad de material de desecho. Sería conveniente, siempre y cuando sea posible, incluir dentro de las instalaciones de la transferencia integral, una Planta de Selección de materiales, en la cual se segregue la mayor cantidad de residuos.

4.6.2 Características del Transporte y Transferencia Integral

Las características deseables de la recolección integral de los residuos sólidos son las siguientes: Determinación de destinos y distancias del transporte y transferencia de los residuos, identificación de características de vías de acceso a la comunidad, determinación del vehículo para el transporte y transferencia de los residuos, selección del personal y capacitación, y selección de la estación de transferencia más cercana o ubicación de una nueva.

4.6.2.1 Determinación destinos y distancias del transporte y transferencia de los residuos

Los destinos preferenciales de los vehículos de transferencia deben ser los centros de acopio y las plantas de tratamiento (incluyendo las plantas de selección). Es necesario empezar a compartir las ideas y visión de otros países, en cuanto a que los rellenos sanitarios ya no son la mejor opción para la disposición de los RSM. Es sabido que en varios países europeos para el año 2005 se decretó, por normatividad, el cierre de las operaciones de los rellenos sanitarios y la adopción de métodos para la revalorización y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en los municipios. Si bien, en México todavía no se han tomado esas medidas, es necesario ir adoptando esa tendencia, aunque mientras tanto se siga en la fase de regularizar los tiraderos a cielo abierto y construir rellenos sanitarios que no causen impactos ambientales. Para ayudar a prolongar la vida útil de los sitios de disposición final es necesario, solo enviar materiales que realmente no tengan una forma de ser reaprovechados comercialmente [ver Disposición Final].

Las distancias que deben recorrer los vehículos recolectores cargados hacia la Estación de Transferencia más cercana y las distancias que deben recorrer los vehículos de transferencia cargados hacia los sitios de destino próximo, deben ser las mínimas posibles. Esto se resuelve haciendo un previo estudio para la selección de la ubicación más óptima del centro de transferencia para cada localidad, en el que se contemplen los centros de acopio y plantas de tratamiento más cercanas, así como también el sitio de disposición final más cercano.

4.6.2.2 Identificación de características de las vías de acceso a la comunidad

Como se observó anteriormente, es necesario que el manejador de los residuos de la localidad evalúe el tipo de vías de acceso en donde transitarían los vehículos recolectores y los vehículos de transferencia [ver accesibilidad de las vías para la recolección]. Evaluadas las vías de la localidad tiene que definir si cuenta con vías de fácil o de difícil acceso, y así determinar la conveniencia del sistema de transporte y transferencia; de igual manera que el tipo de vehículo con el que se pueda efectuar el transporte de la transferencia.



4.6.2.3 Determinación del vehículo para el transporte y transferencia de los residuos

El tipo de vehículo para realizar la transferencia integral de los residuos debe ser el más adecuado de acuerdo a las capacidades, necesidades e intereses de los miembros de la pequeña localidad. Esto significa que se deben tomar en cuenta: la cantidad de residuos generados y su composición promedio, las características de las vías de acceso, la conveniencia de adquirir nuevos equipos o adecuar los existentes para realizar un transporte eficiente, los costos o beneficios económicos que obtendría la localidad al transferir los residuos fuera de su territorio y no directamente a un sitio de disposición final. La capacidad y número de vehículos de transferencia debe ser suficiente para poder satisfacer las necesidades de la población, inclusive para casos de contingencia en donde se pueda dar la necesidad de transportar mayor cantidad de residuos. El cálculo de la capacidad de transporte para la transferencia de los residuos debe ser adecuado para que este no sea insuficiente o de capacidad sobrada; lo cual conllevaría a un deficiente servicio de transferencia por un lado y por otro lado, un gasto innecesario.

4.6.2.4 Selección del personal y capacitación

La eficiencia con que se efectúe el transporte y la transferencia integral de los RSM de una o varias pequeñas localidades, estará determinada por la cantidad de residuos que puedan transferir, tanto el personal de recolección como el personal encargado de transferir los residuos a su destino próximo (nótese que no necesariamente lo es el sitio de disposición final), cumpliendo con su ruta, en el horario y frecuencia asignados y usando adecuadamente el equipo, que será su herramienta de apoyo principal (vehículos recolectores y vehículos de transferencia). Principalmente la eficiencia de su trabajo estará asociada con:

- Su habilidad para barrer y recolectar los residuos de las rutas que se le asignen dentro de los horarios establecidos.
- El esfuerzo o voluntad que tenga para hacer sus labores diarias.
- La consistencia con que realice sus actividades de manera ordenada y en los tiempos establecidos.
- Los errores y vicios que realice durante el transporte y transferencia de los residuos, tales como: incumplimiento con su horario de trabajo, recolectar y transferir residuos de áreas no asignadas a su ruta, sobrellenar los vehículos asignados haciendo más lento su desplazamiento, las demoras personales o ajenas a el que no sepa administrar adecuadamente, entre otros.

Si por ejemplo el operador maneja un vehículo con capacidad para 5 toneladas, se estima que su eficiencia para la carga de los residuos (del vehículo recolector al vehículo de transferencia) no debe ser mayor a 30 minutos, que el viaje de ida y vuelta, de 12km a 25km/h sea de otros 30 minutos y que el tiempo de descarga de los residuos al sitio próximo solo sea de 10 minutos. Es decir, que el tiempo total por viaje lo realice en 70 minutos; y que si realiza 5 cargas por día, pueda obtener una productividad mínima de 25 toneladas al día, durante su jornada laboral (CEPIS, 2004).

4.6.2.5 Selección de la estación de transferencia más cercana o ubicación de una nueva

Si el manejador de residuos determina que la pequeña localidad necesita transferir sus residuos mediante estaciones de transferencia, es necesario que: 1. Seleccione la estación de transferencia más cercana a su territorio, o 2. Se construya una estación de transferencia adecuadamente diseñada, considerando el sitio más adecuado y los lineamientos que exige la normatividad para su construcción y operación.

La instalación de la estación de transferencia siempre debe quedar lo más cerca posible al centro de gravedad geográfico de todas las localidades por atender, con el fin de disminuir la suma de los recorridos de las rutas de recolección la estación (Sánchez, 1996).

4.6.3 Procedimiento para Realizar el Transporte y Transferencia Integral

El procedimiento propuesto para realizar la el transporte y transferencia integral en una PL se describe a continuación en ocho pasos.

4.6.3.1 Determinar la conveniencia del Servicio de Transferencia

La literatura recomienda que existan estaciones de transferencia cuando los equipos recolectores de los residuos tienen que recorrer distancias mayores de 15 km para disponer los residuos. En este procedimiento se hace la misma recomendación pero ampliándola al decir que se deben seleccionar o construir estaciones de transferencia cuando los equipos recolectores tengan que recorrer más de 15 km a su sitio de destino próximo, es decir, al centro de acopio, planta de selección o de tratamiento, o sitio de disposición final.

De acuerdo a la tabla de velocidades de recolección, y de transporte vacío y lleno, de dos vehículos de recolección típicos en pequeñas localidades, se puede elaborar la siguiente Tabla 4.6.1, en la cual se puede observar que a mayor distancia, mayor es el tiempo de transporte



de los residuos, y que a mayor rendimiento de velocidad del transporte menor es el tiempo empleado la transferencia de los vehículos de recolección a un sitio de destino próximo.

Tabla 4.6.1 Relación de distancias y tiempos, con respecto a las velocidades de vehículos recolectores

		Distancia, km		
		5	15	20
Tipo de vehículo	Velocidad, km/h	Tiempo, h		
vehículo de tiro manual	1.5	3.3	10.0	13.3
vehículo de tiro animal	3.5	1.4	4.3	5.7
vehículo de tiro motorizado	5.5	0.9	2.7	3.6
vehículo motorizado	40	0.1	0.4	0.5

Se debe evaluar la conveniencia de una estación de transferencia para sus residuos en función de la distancia a recorrer y la velocidad de transporte que pueden ejercer sus vehículos. Por otro lado conviene estimar la cantidad de gasolina que se requiere invertir para los vehículos motorizados, lo cual es una agravante más cuando estos tienen que recorrer grandes distancias. Y por tanto, suponerse que es un gasto obligatorio el sueldo del operador de cualquier tipo de vehículo para recolección de los residuos, el mantenimiento del vehículo mismo, y el mantenimiento del animal de carga o inversión de gasolina según sea el caso. En la siguiente Tabla 4.6.2 se indican las ecuaciones típicas para calcular el tiempo que tardan en recorrer los vehículos en función de la distancia y la velocidad, y la inversión de gasolina en los vehículos motorizados.

Tabla 4.6.2 Cálculo de tiempo y combustible gastados para la transferencia de RSM

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$t_{recorrido} = v_{transporte} / d_{a\ recorrer}$	$t_{recorrido}$ = tiempo de recorrido (h), tiempo que tarda en recorrer un vehículo recolector determinada distancia, a su velocidad promedio de transporte. $v_{transporte}$ = velocidad de transporte (km/h), velocidad promedio que emplea un vehículo para desplazarse. $d_{a\ recorrer}$ = distancia a recorrer (km), distancia que se estima que debe recorrer un vehículo recolector a su destino próximo (esta es la distancia que puede haber entre el último sitio de recolección y el sitio de destino próximo).
2°	$g_{comb} = (d_{a\ recorrer} \times P_{comb}) / \eta_{comb}$	g_{comb} = gasto de combustible (\$), gasto que se debe invertir para el combustible del vehículo. P_{comb} = precio del combustible (\$/L), precio actual del combustible usado en el vehículo. Ej. 7\$/L de gasolina magna. η_{comb} = rendimiento del combustible en el vehículo (km/L), rendimiento del combustible medido en la distancia que puede recorrer por cada litro de combustible. Ej. 15km/L un vehículo de 4 cilindros.

Si el equipo de recolección convencional de algunas pequeñas localidades es tirado por animales o impulsado por la acción humana, y estos recorren distancias mayores a los 5 km, se puede observar que tardarán aproximadamente de 1 a 3 horas, respectivamente, en el traslado de los residuos a un sitio de destino próximo. Esta condición puede ser una de las causas por las que es muy común encontrar tiraderos a cielo abierto en estas localidades, y por ello la conveniencia de optar por la transferencia de los residuos para recorridos en los que se requiera hacer más de una hora de trayecto unidireccional y 15 km de distancia.

4.6.3.2 Escoger el sistema de transferencia

Para poder escoger cual es el sistema de transferencia que se adecua más a las necesidades de la población, es conveniente hacer un estudio de la estación de transferencia más apropiada para una o varias localidades que gocen del servicio. En la siguiente Tabla 4.6.3 se pueden apreciar las características de los tres tipos de sistemas de transferencia para que el manejador de residuos de la localidad seleccione la que se adecue más a los recursos y necesidades de la localidad o localidades por servir.



Tabla 4.6.3 Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM

Tipo de Transferencia	Ventajas/Desventajas
Descarga Directa	Se requieren vehículos de transferencia de carrocería abierta. Vaciado de los residuos por gravedad. Se requiere de dos niveles para efectuar los la transferencia. No se pueden almacenar los residuos. Siempre debe haber disponibilidad del vehículo de transferencia para que la operación de los recolectores sea continua. La construcción de la planta es de poca complejidad y bajo costo de inversión.
Descarga Indirecta	Pueden requerirse vehículos de transferencia de carrocería abierta o de contenedor. Vaciado de los residuos a través de medios auxiliares como, grúas, palas o tractores. Es suficiente un área de un nivel para efectuar la transferencia. Se pueden almacenar los residuos. No se requiere la presencia del vehículo de transferencia para que la operación de los recolectores sea continua. La construcción de la planta es de poca complejidad pero requiere de equipo auxiliar de mediana o alta inversión.
Descarga Combinada	Se cuentan con las características de los dos anteriores sistemas de transferencia. Operacionalmente es mejor que los dos anteriores sistemas de transferencia, por su carácter versátil para realizar las dos modalidades, usándolos simultáneamente o uno en vez de otro, para dar mantenimiento o en situaciones de contingencia. La construcción de la planta es de mayor complejidad que las anteriores pues requiere de mayor área de operación, de dos niveles para el vaciado por gravedad, de un área de almacenamiento de los residuos y de equipo auxiliar para la transferencia por descarga indirecta.

Una vez seleccionado el tipo de sistema en función de las ventajas y desventajas que cada uno aporta, corresponde reforzar la decisión dentro del estudio completo para el diseño de la estación de transferencia, debido a que se deben analizar detalladamente las opciones ya que el diseño depende de la infraestructura y características de la zona con la que cuentan las localidades a las que estará designada la estación de transferencia.

4.6.3.3 Seleccionar o diseñar la estación de transferencia

Determinada la conveniencia de que la localidad considere la opción de trasladar sus residuos a través del apoyo de una Estación de transferencia, puede escoger dos opciones: 1. Conseguir participar en la estación más cercana a su localidad, dentro del territorio del municipio al que pertenece o de un municipio vecino. 2. Construir una estación de transferencia que puedan usar varias localidades. El diseño de la estación de transferencia y su ubicación, es motivo de un proyecto más extenso y específico, en este apartado solo se explicarán los lineamientos con los que debe contar para cumplir con la normatividad y alcanzar los objetivos de dicha planta para la transferencia integral de los residuos sólidos.

En la literatura se pueden consultar diversos modelos de plantas de transferencia e inclusive guías o artículos que detallan los lineamientos con que debe contar una planta para la transferencia de los residuos, los cuales se muestran de manera puntual en la Tabla 4.6.3. El presente procedimiento se basó en la publicación del Instituto Nacional de Ecología sobre "Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas", pues no se contraponen con los requerimientos de una estación de transferencia que brinde servicio a varias pequeñas localidades.

Tabla 4.6.4 Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM

Requerimientos para el Diseño de la Estación de Transferencia	Elementos a establecer
Diagnóstico de las localidades que utilizarían la estación de transferencia	Localización geográfica Características socioeconómicas Indicadores de generación de residuos sólidos Estructura de las vialidades
Localización de la estaciones de transferencia	Ubicación de los sitios probables seleccionando los centros de gravedad geográficos) Evaluación de los sitios probables



Tabla 4.6.4 (cont.) Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM

Cálculo de la capacidad de la estación de transferencia	Determinación del volumen de residuos a manejar (en función del número de vehículos de transferencia requeridos, del tiempo de espera de los vehículos recolectores y de la eficiencia esperada)
Parámetros de diseño	Vialidades exteriores Vialidades interiores Zona de descarga de residuos sólidos Zona de carga Servicios generales Obras complementarias Controles ambientales

4.6.3.4 Determinar las actividades de operación en la Estación de Transferencia

Se propone que dentro de la estación de transferencia se pueda conceder un área para el acondicionamiento de los residuos, en el cual antes o durante el trasvase de los residuos, de los camiones recolectores a los de transferencia, se puedan separar y preparar los residuos de manera clasificada para su transporte. Por ejemplo, si se cuenta con vías de comercialización de algunos materiales inorgánicos como el plástico, vidrio, papel o metales, o de los orgánicos, como residuos de alimentos o de jardín, entonces conviene: 1. Conservar la separación que los generadores efectuaron desde sus casas o los recolectores durante el servicio, o 2. Separar los materiales mezclados recibidos de las descargas de los vehículos recolectores. Si se les brinda un tratamiento previo a los residuos [ver Tratamiento] antes de ser enviados al sitio de destino próximo, tales como clasificación, separación, compactación o trituración, pueden hacer más eficiente la transferencia, recuperando mayor cantidad de materiales reciclables y aumentando su valor comercial.

4.6.3.5 Diseñar las rutas de transferencia

La ruta que deben seguir los vehículos de transferencia estará en función del destino próximo asignado a un determinado lote de residuos sólidos. Si por ejemplo en la localidad no existe la infraestructura necesaria para reciclar los materiales y comercializarlos, entonces el destino próximo será el sitio de disposición final más cercano y asignado a esa localidad (relleno sanitario). Si la localidad participará dentro de programas de reciclaje en coordinación con empresas recicladoras o intermediarios, el destino de los vehículos de transferencia, cargados con los materiales separados, serán centros de acopio, plantas de selección o plantas de tratamiento. La ruta de transferencia deberá ser trazada desde la planta de transferencia al sitio de destino próximo, y no debe haber paradas intermedias, que lleguen a retrasar el embarque de los residuos.

Las rutas de transferencia se pueden trazar, de manera análoga, con la metodología propuesta para el diseño de macrorutas para la recolección de los residuos. Se debe trazar la ruta para tener una idea clara de donde se desea iniciar y terminar el recorrido del vehículo de transferencia desde el momento en que sale de la planta de transferencia hasta el momento en que regresa a esta, pasando por el sitio en donde se van a depositar los residuos. Deben seguirse las recomendaciones que se mencionaron anteriormente para el trazado de las rutas [ver Recolección], con el fin de obtener los recorridos de menor distancia y en menor tiempo. Para el trazado de la ruta es necesario contar con el Plano donde se ubiquen las vialidades por donde circulará el vehículo hasta su destino, para poder saber la distancia que recorrerá, los obstáculos que se puedan llegar a encontrar, etc. En la Figura 4.6.1 se puede ver las actividades para trazar la ruta más apropiada de los vehículos de transferencia.

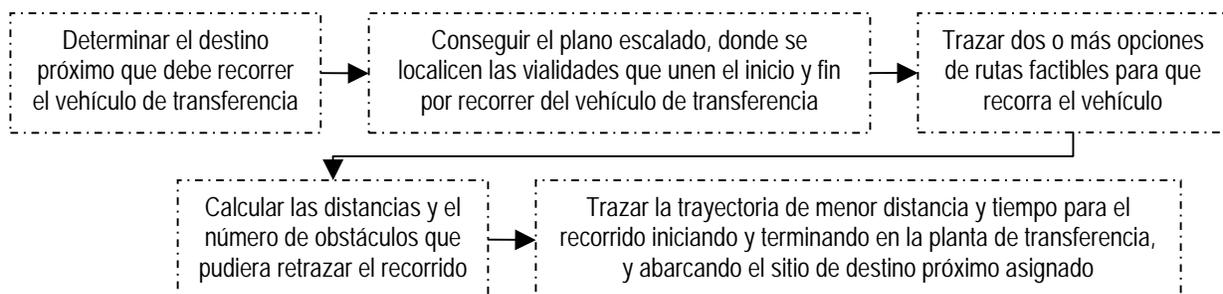


Fig. 4.6.1 Actividades para el trazado de rutas de transferencia



4.6.3.6 Asignar el personal para prestar el servicio de transferencia

Cuando el Servicio de Transferencia es brindado por el Municipio, este coordina la labor del personal que labora en la planta de transferencia y el personal del servicio de recolección, y si se da el caso con el servicio de recolección de particulares. Generalmente, las Pequeñas Localidades no utilizan las Estaciones de Transferencia reguladas por el Municipio al que pertenecen, por el hecho de encontrarse muy alejados de la cabecera principal (a la cual generalmente están destinadas), sin embargo no se debe olvidar que las leyes del país contemplan que el Municipio debe brindar tales servicios de manera equitativa, por lo que se debe entablar una relación entre las localidades y el municipio para llegar a un acuerdo para la recolección y transferencia de los residuos, con el fin de obtener un beneficio mutuo. La ventaja de estas localidades es que por su tamaño, pueden requerir menor infraestructura, y por ende menor número de personal, que las grandes ciudades, debido a que la cantidad de residuos a manejar es menor, y por tanto es menor el número de vehículos y el número de viajes por localidad a realizar comparado con las grandes ciudades.

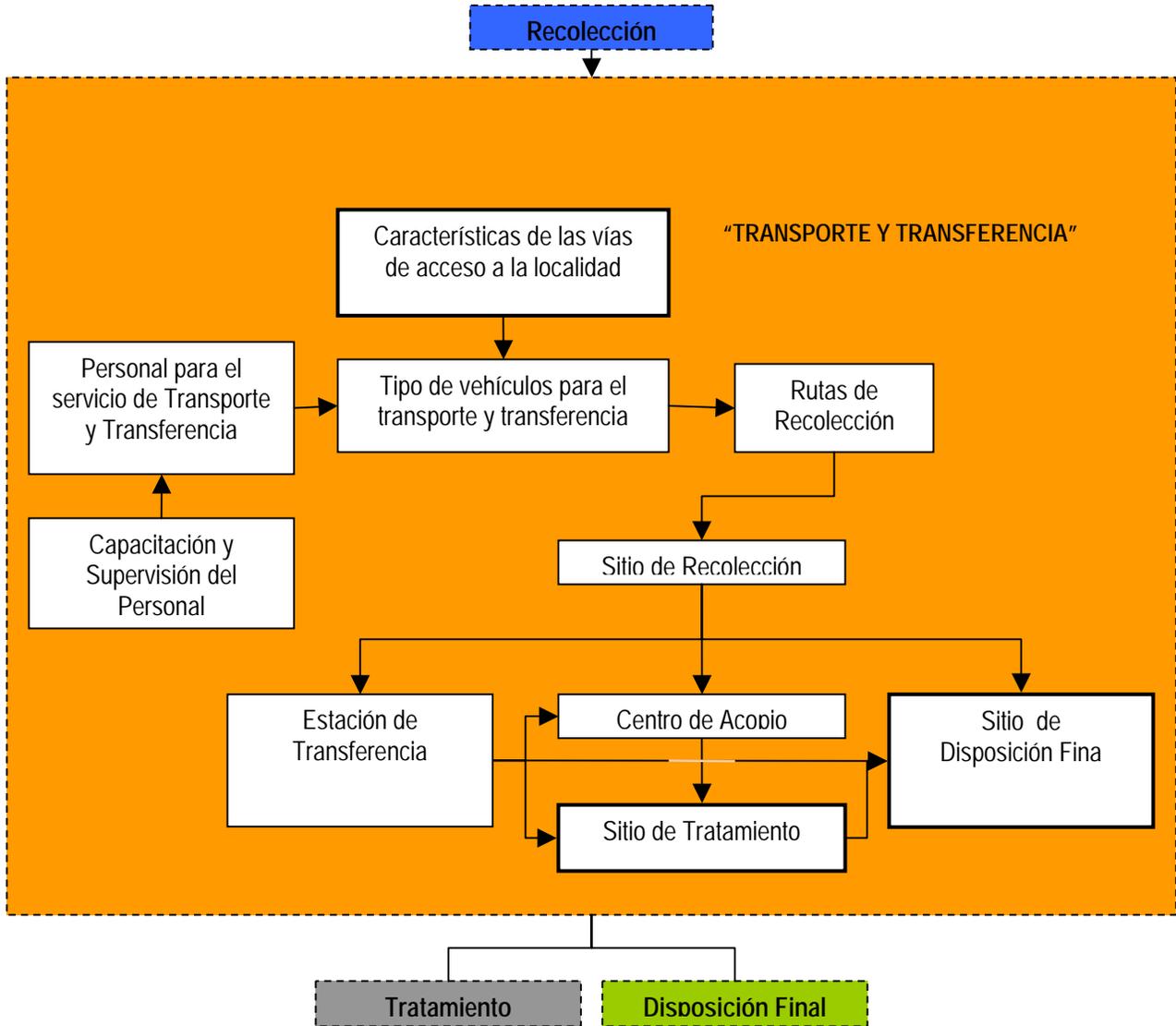
4.6.3.7 Transferir los residuos a su destino próximo

Una vez cargados los residuos en los vehículos de transferencia, los residuos pueden ser trasladados a Centros de Acopio, Plantas de Selección, Plantas de Tratamiento o Rellenos Sanitarios; uno de los sitios de destino próximo de los vehículos recolectores de RSM, es la Estación de Transferencia. Desde el trazado de la ruta de transferencia se debe determinar el destino de los materiales. Se debe dar preferencia al traslado de los materiales separados hacia sitios en donde se revaloricen y no sean enviados a confinamiento. La acción de transferir los residuos es de gran importancia para el sistema de manejo integral de los residuos, debido a que si no se realiza de manera responsable, los materiales pueden ser dispuestos inadecuadamente y no ser aprovechados, lo cual iría en contra del objetivo del Sistema.

4.6.3.8 Realizar el inventario de residuos transferidos

Se requiere realizar un conteo de los residuos que entran y salen de la estación de transferencia, con el fin de llevar un control sobre los materiales manejados. Desde el diseño de una Estación de transferencia, se contempla un área para el pesaje de los residuos y de los vehículos, tanto recolectores como de transferencia. La báscula con la que se realiza dicha medición suele ser uno de los accesorios más costosos de la planta; pero de esta manera se pueden obtener valores más precisos con los que se puede obtener mejores beneficios en la comercialización de los residuos. Si dentro de la planta se tiene contemplada un área para el acondicionamiento de los residuos, para poder hacer más eficiente, su manejo durante la transportación o su comercialización, entonces pueden usarse básculas de menor tamaño y costo, al alcance del presupuesto contemplado para la inversión de la construcción u operación de la Planta. Cabe mencionar que el pesaje de los residuos destinados a su comercialización o a Rellenos Sanitarios, también serán pesados, casi de manera obligada. Es de gran importancia implementar una técnica que agilice la cuantificación y cualificación de los materiales recibidos. Como se pretende que los materiales recibidos serán de manera separada, esto debe simplificar el trabajo de la realización del inventario. Las técnicas rápidas del conteo pueden realizarse de acuerdo al número de vehículos recolectores, de sus capacidades volumétricas y del peso volumétrico promedio de los residuos recibidos.

4.6.4 Diagrama de Flujo para el Transporte y Transferencia Integral





4.7 TRATAMIENTO INTEGRAL

Es el 6o Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.7.1 Concepto

El tratamiento integral como parte del SMIRSM consistirá en que el transformador de residuos, sea responsable en utilizar el método más adecuado para brindar un tratamiento al residuo que tomo en custodia, para reaprovechar al máximo posible sus beneficios, tanto materiales como económicos. Un residuo determinado recibirá un tratamiento integral, siempre y cuando se determine que es mucho más rentable someterlo a un reprocesamiento, que utilizarlo sin modificar sus propiedades físicas y químicas, bajo un acondicionamiento adecuado. No se puede decir que un tratamiento forma parte del sistema integral, si este genera a su vez residuos que no se puedan revalorizar en un momento dado o disponer adecuadamente, es deber de los tratadores de residuos sólidos municipales agotar todas las alternativas posibles para aprovechar el máximo de los beneficios intrínsecos de los materiales, ya que su objetivo fundamental es reciclar los materiales desechados y evitar el agotamiento de los recursos naturales.

Si los propios generadores, de residuos de las pequeñas localidades, desean brindar un tratamiento a sus residuos, es posible adecuar las técnicas utilizadas a sus necesidades y capacidades. Cabe recordar que un tratador de residuos puede ser desde una sola persona hasta una empresa grande, y entre estas existir una gamma de posibilidades e infraestructura. Por ejemplo, una sola persona que puede realizar sus propias artesanías de metal y papel de desecho; pequeños talleres que se pueden consolidar por familias enteras o inclusive empleados, para el tratamiento de vidrio, metal, papel, textiles o residuos orgánicos; y también empresas grandes, con una nomina considerable de empleados y provista de infraestructura capaz de manejar toneladas de residuos de prácticamente cualquier tipo de residuo.

4.7.2 Características de Tratamiento Integral

Las características deseables del tratamiento integral de los residuos sólidos son las siguientes: almacenamiento de materiales reciclables para tratamiento, separación de materiales contaminantes o de rechazo de los materiales reciclables, selección del tipo de tratamiento: por método y por material, disponibilidad de tratamientos, obtención de energéticos no contaminantes, almacenamiento y venta de los materiales procesados.

4.7.2.1 Almacenamiento de materiales reciclables para tratamiento

Si no se conservan o mejoran las condiciones de almacenamiento de los materiales custodiados por el tratador, pueden correr el riesgo de ser contaminados o degenerados físicamente, lo cual conllevará a pérdidas económicas al tratador, pues el ya pagó por un volumen determinado al adquirirlo, gastó en su transporte y/o contaba con ese material para cubrir una demanda de material tratado. Si no se asigna un área contenida y libre de humedad estos pueden deteriorarse y requerir de más tiempo y procesos para su descontaminación y recuperación. Si se trata de materiales ligeros, o que pueden descomponerse o deteriorarse por la humedad del ambiente o lluvia, es necesario contenerlos en recipientes tapados o en almacenes con pocas corrientes de aire, para que estos no sean afectados por la humedad o volados por el viento (residuos orgánicos, textiles, papel y cartón, metales y plásticos no compactados). Si se trata de materiales pesados y resistentes a las condiciones climáticas pueden estar contenidos en la intemperie para ahorrar espacio dentro del área de proceso (madera, vidrio, acero inoxidable o plástico compactado).

4.7.2.2 Separación y Disposición de materiales contaminantes

La separación y disposición de materiales "contaminantes" o de rechazo de los materiales reciclables consiste en lo siguiente: Antes de cualquier tratamiento, es necesario que el material a reprocesar sea separado de cualquier otro material considerado como contaminante o impurezas. Debido a que no es una materia prima, los materiales desechados siempre cuentan con algún material contaminante. Por ejemplo un envase de Multicapas que contenía leche, además de contener posibles residuos de leche, puede contener tapas de plástico; o un frasco de vidrio puede contener tapas metálicas y generalmente etiquetas de papel; una paca de papel de oficina puede contener grapas; la chatarra generalmente trae metales de todo tipo, tanto férricos como no férricos, etc. Sin embargo estas son pequeñas impurezas, las grandes impurezas son las que afectan mucho más al proceso, y generalmente es debido a la falta de separación in situ de los residuos. Muchas veces, se soluciona este problema cuando se realizó la separación desde los centros de acopio o los mismos recolectores realizan dicha separación.

De cualquier forma, para que el tratamiento pueda producir materiales nuevos de buena calidad, es necesario que se realice una efectiva separación antes de reprocesar el material custodiado, y como dicha separación previa forma parte del tratamiento integral, debe considerarse un adecuado destino a los materiales segregados. Un tratamiento no sería integral si los materiales considerados como impurezas son



desechados indiscriminadamente sin procurar su revalorización. Los metales, plásticos, vidrios, textiles, hules, papeles y residuos orgánicos que no pertenezcan al proceso de transformación de un material específico deben ser tratados secundariamente y/o comercializados a sus respectivas empresas de tratamiento, procurando enviar el mínimo de residuos a los rellenos sanitarios.

4.7.2.3 Selección del tipo de tratamiento: por método y por material

La selección del tratamiento está estrechamente ligada a las necesidades del tratador y su capacidad de acopio del material. Difícilmente las pequeñas localidades podrán abastecer, por sí solas, grandes toneladas de materiales específicos a una empresa tratadora. Por lo que es necesario que se asocie o trabaje conjuntamente con otras localidades. Sin embargo a pequeñas escalas de tratamiento, si es rentable el suministro de sus propios materiales; pero esto dependerá de las características propias de la localidad y de sus intereses. Por ejemplo, en las localidades rurales se hace prácticamente obligatorio, la elección de tratamientos biológicos para revalorizar la gran cantidad de materiales orgánicos generados, si el proceso es para producción de composta o generación de biogás quedará en función de las capacidades económicas de la localidad, pues la producción de gas combustible requiere de cierta infraestructura para canalizar y utilizar el combustible generado. En localidades cuya actividad principal es la artesanía y/o turismo, cuentan con la creatividad suficiente, como para poder transformar prácticamente todo tipo de metales, vidrio, papel y cartón, textiles y madera. Basta mencionar que el ingenio mexicano a diseminado fronteras con su basta artesanía incluso desde épocas ancestrales. En localidades cuyas actividades principales son la agricultura, ganadería y/o pesca, se pueden reciclar prácticamente todo tipo de residuos orgánicos, derivados de sus actividades, con tratamientos sencillos para la generación de productos comestibles para sus propios animales o fertilizantes para sus tierras e incluso para la comercialización foránea. Las localidades cercanas a centros de acopio de plásticos, metales, vidrio y papel, pueden tener la seguridad de interactuar con los industriales procesadores de estos materiales mediante acuerdos formales en el que todos se beneficien.

La historia ha demostrado que las industrias atraen el asentamiento de poblaciones en zonas aledañas, pues alrededor de estas se pueden desarrollar actividades económicas fructíferas. Así mismo en las pequeñas localidades, se pueden crear industrias recicladoras que realicen el tratamiento adecuado para determinados productos. Muchas industrias de este tipo han nacido a partir de pequeños talleres.

4.7.2.4 Disponibilidad de Tratamientos

Sin duda un freno importante para el desarrollo de la industria recicladora es la falta de investigación en nuestro país sobre las transformaciones y utilidades que se le pueden dar a los materiales de desecho. Aunque cabe aclarar que en México existen los métodos para reciclar al 100% materiales de vidrio, papel y cartón, metales (principalmente aluminio y acero), madera y plásticos (principalmente el PET), es poca la infraestructura para satisfacer las necesidades del país y además no se cuenta con tecnologías para tratar otros residuos (como el uncel, la chatarra oxidada, los plásticos aluminizados, entre otros). En diversos países, como Alemania, China, Japón, EUA y España, tienen diversas tecnologías con ganancias bastante redituables, pero varias de estas son de procesos patentados y difícilmente se podrían adquirir los permisos para el uso de los mismos. Es por ello que existen empresas grandes contadas en nuestro país para el tratamiento de productos específicos. Sin embargo es posible buscar alternativas para poder reaprovechar los materiales desechados, inspirándose en las tecnologías conocidas y desarrollando nuevos métodos aplicados a nuestras necesidades. Quizá determinadas pequeñas localidades no se sientan capaces de contar con la infraestructura con la que cuentan las ciudades del país o del extranjero, pero es un error creerlo, pues pueden auxiliarse de las herramientas y técnicas que ellos conocen para poder tratar sus propios residuos y obtener beneficio de ello. Por otro lado, es factible asociarse y coordinarse, entre varias localidades, e inclusive con los municipios y estados, para poder acopiar los residuos separadamente y establecer convenios de compra-venta, con las empresas que cuentan con tecnologías apropiadas y eficientes. La disponibilidad de un tratamiento siempre estará en función de la disciplina y el interés por la revalorización de los materiales de desecho de manera sustentable.

4.7.2.5 Obtención de energéticos no contaminantes

Esta característica aplica solo para los tratamientos cuyos productos, puedan generar energía calorífica y eléctrica; entre estos destacan la biometanización, la mayoría de los térmicos y, los tratamientos químicos y fisicoquímicos con reacciones exotérmicas. En la mayoría de estos procesos se obtienen gases combustibles, como CO₂, vapor de agua, metano, entre otros, los cuales son un recurso energético que sustituye a los combustibles vírgenes. Generalmente estos procesos son muy criticados por dos razones básicas: 1. Que pueden llegar a generar sustancias contaminantes y, 2. Que al quemar los residuos se desintegran materiales que pudieron haber sido revalorizados sustituyendo materias primas nuevas. Sin embargo esto se puede nivelar, siempre y cuando los materiales que se quemen sean residuos orgánicos (biomasa) y materiales que no tengan forma alguna de ser reprocesados y su único valor trascendente, hasta el momento, sería ser usados como energéticos.

La importancia de incrementar el uso de las energías renovables en la transición hacia una base energética sustentable fue reconocida por el gobierno de la India al comienzo de la década de los años sesenta. Durante el último cuarto del siglo XX, se efectuaron importantes esfuerzos



enfocados hacia el desarrollo, pruebas y puestas en operación de una variedad de opciones tecnológicas para su uso en diferentes sectores de la economía y secciones de la sociedad de la India (FONAM, 2005).

Actualmente la población en general desconoce de las opciones comerciales que se tienen para aprovechar las Energías Renovables, por lo que se limitan a usar las convencionales. Es necesario hacer una mayor difusión de las tecnologías disponibles por cada región, para que de esta manera, los potenciales usuarios las tomen en cuenta en el momento de evaluar que opción tomar. La difusión se puede realizar a través de la creación de centros de información y servicios.

4.7.2.6 Almacenamiento y venta de los materiales reprocesados

El tratamiento integral no sería sustentable ni rentable sino se cierra el ciclo, donde se transforma el material de desecho y se vende como un nuevo producto, ya sea como materia prima o como producto terminado, el cual pueda ser comerciable y de utilidad para los consumidores. Los materiales producidos a partir de residuos sólidos municipales pueden sustituir ciertas materias primas, o formar un considerable porcentaje del material en bruto que entra en las industrias manufactureras de productos comúnmente utilizados por la sociedad. Es por ello que deben ser vendidos a fabricantes de productos nuevos a un precio lo suficientemente redituable para ambas partes de la compra - venta. El almacenamiento del producto final también debe ser adecuado para ser entregado en condiciones óptimas para su transporte y envío al punto de venta o manufactura próximas. También el material de rechazo que surgió desde la separación al inicio del tratamiento, como durante todo el proceso, requiere ser acondicionado y almacenado para su venta [ver Transferencia y Transporte] o disposición final [Ver Disposición Final].

4.7.3 Procedimiento para realizar Tratamiento Integral

El procedimiento propuesto para realizar el tratamiento integral en una PL se describe a continuación en seis pasos.

4.7.3.1 Seleccionar el tipo de Tratamiento

Para poder conocer el tipo de tratamiento más adecuado para cada material generado en una composición típica de RSM en las pequeñas localidades, y finalmente hacer una selección en función de los intereses, necesidades y capacidades de los tratadores, que pueden ser o no los mismos generadores, se puede consultar la siguiente Tabla 4.7.1

Tabla 4.7.1 Tipos de tratamientos de acuerdo de los RSM aprovechables

Tipo de Residuo	Tipo de Tratamiento	Procesos	Tipo de Tratador
Residuos de comida y jardín	Biológicos y Térmicos	a) Compostaje b) Biometanización c) Gasificación	a) Taller b) Micro y Macro empresa c) Micro y Macro empresa
Hule y Neumáticos	Físicos y Térmicos	a) Separación, Trituración, y Termólisis. b) Criogenación c) Vulcanización	a) Micro y Macro empresa b) Micro y Macro empresa c) Taller
Metales	Físicos y Térmicos	a) Separación, Fundición y Moldeado	a) Taller, Micro y Macro empresa
Papel y Cartón	Físicos, Químicos y Físicoquímicos	a) Disolución, Blanqueo, Secado, y Laminación	a) Taller, Micro y Macro empresa
Plásticos	Físicos, Químicos y Físicoquímicos	a) Separación, Trituración, Lavado, Secado, Extrusión, Laminación Granulación, y Moldeamiento	a) Micro y Macro empresa
Multicapas	Físicos, Químicos y Físicoquímicos	a) Trituración, Lavado, Separación, Recuperación de pulpa, Laminación b) Trituración, Lavado, Secado, Extendido, Prensado, Calentado y Moldeado	a) Micro y Macro empresa b) Micro y Macro empresa



Tabla 4.7.1 (cont.) Tipos de tratamientos de acuerdo de los RSM aprovechables

Textiles	Físicos, Químicos y Térmicos	a) Separación, Lavado y desinfección, Deshilachado, Moldeado b) Separación, Lavado y desinfección, Deshilachado, Teñido, Hilado, Enrollado c) Incineración	a) Taller, Micro y Macro empresa a) Taller, Micro y Macro empresa a) Taller, Micro y Macro empresa
Vidrio	Térmicos	a) Separación, Trituración, Lavado, Fundición, y Moldeado	a) Taller, Micro y Macro empresa
Madera	Térmicos	a) Separación, Trituración, Compactación, y Moldeado	a) Taller, Micro y Macro empresa

Los intereses, necesidades y capacidades de los tratadores, son determinantes para el desarrollo de un rubro de una empresa, en este caso, de una industria tratadora de algún material de desecho de los RSM. Si el generador tiene algún interés por iniciar alguna actividad de reciclaje de un material como residuos orgánicos, hules y neumáticos, metales, papel y cartón, plásticos, multicapas, textiles, vidrios o maderas, mediante el tratamiento y comercialización de este, debe contar con los siguientes elementos como mínimo: 1. Un espacio para poder construir realizar el proceso de Tratamiento (independientemente del tamaño deseado). 2. Obtener un permiso de uso de suelo y de comercialización del material. 3. Información y asesoramiento de los requerimientos técnicos, administrativos y sociales del tipo de tratamiento a desarrollar. 4. Características deseables de empresario.

4.7.3.2 Disponer de un área de almacenamiento

Es muy importante contar con el espacio físico en donde se realizarán las actividades involucradas en el proceso de tratamiento. Una de estas actividades es la recepción y almacenaje de los Residuos a tratar. Generalmente, no se dispone de un espacio apropiado y es aquí donde se pueden tener pérdidas económicas cuando el material se contamina más de lo que ya estaba al ser recuperado, ya sea con el polvo y humedad del ambiente o con otros materiales cercanos. En la Tabla 4.7.2 se puede observar el tipo de almacenamiento necesario para el tratamiento integral. Cuando en una misma instalación se brindará tratamiento a 2 o más materiales, es absolutamente necesario mantener la separación entre estos, por lo que cada material debe tener su propia área de almacenamiento.

Tabla 4.7.2 Tipo de almacenamiento para brindar tratamiento a los RSM

Tipo de almacenamiento	Tipo de Residuo
Almacenamiento contenido: Recipientes cerrados de materiales resistentes Bodega con ventilación moderada	Residuos Orgánicos Textiles Papeles Cartones Metales Plásticos no compactados
Almacenamiento no contenido: Intemperie Área asignada dentro del área de la instalación	Maderas Vidrios Metales Inoxidables Plásticos compactados

4.7.3.3 Realizar la separación del material a procesar

La separación del material se hace en dos etapas. 1º La separación de impurezas: es un hecho que los materiales de desecho vendrán mezclados con otro tipo de materiales, desde su generación y recolección, o inclusive en el área de almacenamiento de la planta de tratamiento; es por ello que antes de que el material sea procesado, debe pasar a una etapa de separación de impurezas, consideradas como contaminantes en el proceso. Y 2º La separación por clase de material: el mismo tratamiento se puede efectuar para un mismo tipo de residuos, pero puede tener ciertas variaciones en el proceso para sus distintas clases, pues dentro de estos hay una gran variedad de materiales, tamaños, colores, etc. Por ejemplo, una tratadora de metales, tendrá que separar entre materiales férricos y no férricos, y a su vez en metales que sean de diferentes elementos como: aluminio, magnesio, acero, hierro, cobre, estaño, etc.; una tratadora de plásticos, tiene que diferenciar entre PET, PVC, PS, etc.; una tratadora de papel, tiene que diferenciar entre papel de oficina, periódico, papel de colores, etc.



4.7.3.4 Realizar acondicionamiento de los materiales

Además de la separación de los materiales, tanto de sus impurezas como de sus diversas clases, es necesario acondicionarlos antes de hacerlos entrar al tratamiento en sí. Esto es para poder manejar lo mejor posible el material dentro del proceso, y que este libre totalmente de impurezas que no pudieron ser eliminadas en la etapa de separación. Generalmente, este acondicionamiento consiste en procesos físicos como trituración, compactación y/o lavado con agua. Entre menor sea el volumen del material que ingrese al proceso, mayor será la eficiencia del proceso. Entre menores impurezas ingresen al proceso, menores operaciones de captación de impurezas se tendrán que contemplar dentro del proceso.

4.7.3.5 Realizar el tratamiento y obtener producto final

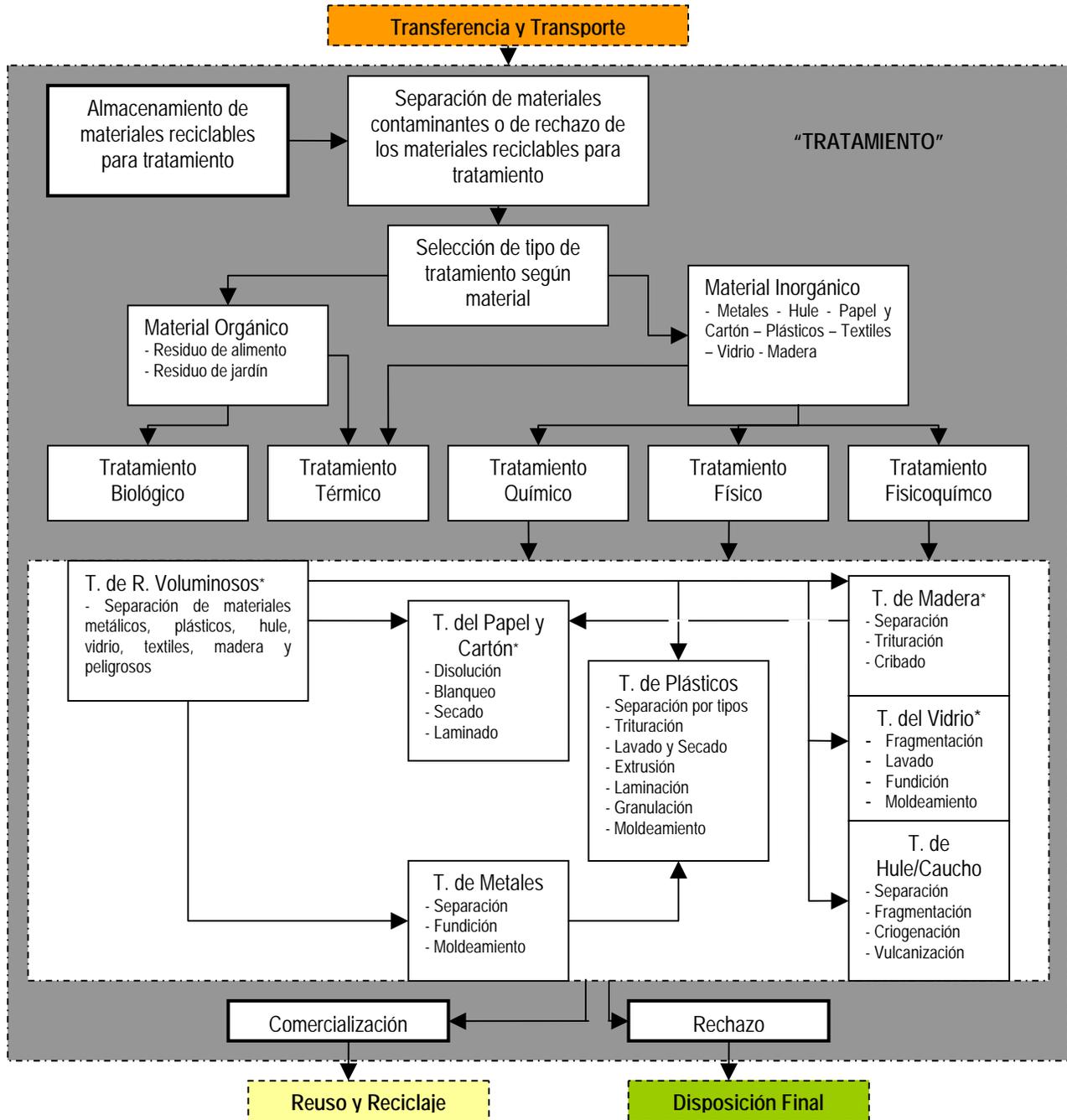
Efectuar el procedimiento de principio a fin para la transformación de los materiales será la etapa de mayor importancia en el Tratamiento integral de los RSM. Cada proceso tiene sus variables de operación críticas, las cuales deben ser consideradas con gran importancia. Por pequeña que sea la planta de tratamiento, incluso a nivel taller, es necesario contemplar con normas de seguridad internas, para mantener la salud de los trabajadores y la integridad de la empresa. El proceso debe alcanzar el máximo de su eficiencia de acuerdo a la capacidad de material de desecho que ingrese y el material nuevo que se obtiene como producto final. El interesado debe obtener información puntual para los detalles técnicos del tratamiento y sus requerimientos para el dimensionamiento de la planta en función de las capacidades y necesidades a manejar.

4.7.3.6 Canalización del producto final

Finalmente, después de obtener el producto final deseado al reprocesar un material de desecho, este debe ser canalizado a los consumidores o fabricantes, interesados en dicho producto. La comercialización se realizará en función de los convenios establecidos entre la parte tratadora y el comprador. También es necesario consultar la competitividad con que cuenta la manufactura de sus materiales reprocesados, así como los precios del mismo en el mercado nacional e inclusive internacional para hacer de la comercialización una actividad rentable. Por ejemplo, para tratamientos con procesos meramente artesanales, se debe llegar a un equilibrio entre el costo de inversión, el costo de operación, y la ganancia neta, junto con los precios de oferta y demanda del producto.



4.7.4 Diagrama de Flujo para el Tratamiento Integral



*Tipos de tratamiento factibles en pequeñas localidades con determinada infraestructura para realizarlos.



4.8 DISPOSICIÓN FINAL INTEGRAL

Es el 7o Subsistema del Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales y a continuación se desarrolla su correspondiente: concepto, características, procedimiento y diagrama de flujo, en algunos lugares se indica donde se relaciona con otros subsistemas.

4.8.1 Concepto

La disposición final integral como parte del SMIRSM para pequeñas localidades consistirá en que los generadores, recolectores, encargados de la transferencia, tratadores, autoridades y responsables del manejo de la disposición final de los RSM de determinada población, envíen y dispongan adecuadamente, en el sitio destinado para el confinamiento, los residuos que ya no puedan ser aprovechados por la población. La disposición consistirá en ubicar, construir o adaptar, operar y controlar lugares apropiados, para disponer de manera segura al ambiente y a la salud pública.

La disposición final integral debe ser el último destino próximo seleccionado, para los residuos desechados por la población que ya no puedan ser aprovechados mediante el reuso y reciclaje o tratamiento, para su reincorporación al mercado de materiales o productos. ¿Quién decide que residuos se van a disposición final? En realidad esta decisión es compartida entre todos los involucrados en el manejo de los residuos de la población, desde el generador que ya no pueda reusar y reciclar sus residuos en su propia casa o fuente de generación, hasta el responsable de la comercialización de los residuos, ya sea el supervisor de la recolección, el responsable de la estación de transferencia, el responsable del centro de acopio, el responsable de la planta de tratamiento de determinado producto o el comprador de determinado producto. También son responsables las autoridades municipales encargadas de orientar a la población en el manejo de sus residuos y proponer soluciones para el manejo adecuado de los mismos. Inclusive el mismo responsable del sitio de disposición es responsable de la disposición final de estos, pues como supervisores de la entrada de los materiales al sitio, deben observar que materiales se están disponiendo y si estos pueden ser todavía aprovechables.

4.8.2 Características de Disposición Final Integral

Las características deseables de la disposición final integral de los residuos sólidos municipales en pequeñas localidades son las siguientes: selección de la ubicación y diseño adecuados del sitio de disposición final de acuerdo a normatividad vigente, construcción y operación adecuada del sitio de disposición y obras complementarias, adquisición del equipo necesario para efectuar las actividades en el sitio, selección y capacitación del personal adecuado la operación del sitio, supervisión de la operación del sitio, y cumplimiento de las medidas y controles de seguridad y salud.

4.8.2.1 Selección de la ubicación y diseño adecuados del sitio de disposición final de acuerdo a normatividad vigente

Una de las características más importantes para poder operar adecuadamente un relleno sanitario, tanto manual como mecanizado, es la ubicación del sitio y de su diseño de acuerdo a los requerimientos determinados por la normatividad vigente, en este caso de la NOM-083-SEMARNAT-2003. En la cual básicamente se define a que distancia el sitio debe ser localizado de la población, de los cuerpos de agua (superficiales o subterráneas), de sitios como aeropuertos, de terrenos considerados como reservas ecológicas o manglares, pantanos, etc. Así mismo se deben calcular adecuadamente los factores de diseño de acuerdo a las dimensiones y características del terreno seleccionado para construir el relleno sanitario; con el fin de poder realizar todas las actividades propias para la disposición final de los RSM.

Cuando la ubicación y el diseño son inadecuados, y no se efectúan de acuerdo a los requerimientos de la normatividad, probablemente el relleno incumplirá con la operación, medidas y controles propios para garantizar la seguridad y salud tanto de la población como del ambiente. Si no se cuenta con estudios geológicos, topográficos, hidrológicos, etc., probablemente se construya en zonas no permitidas para sitios de disposición de residuos. En esta situación generalmente se encuentran los sitios seleccionados al azar para ser tiraderos a cielo abierto. De aquí la importancia de una selección apropiada del terreno y el diseño apropiado del relleno sanitario. En el caso de rellenos sanitarios de clase D, por la cantidad de residuos a manejar y grado de compactación, no se obliga a realizar estudios tan específicos.

4.8.2.2 Construcción y operación adecuada del sitio de disposición y obras complementarias

La construcción y operación del relleno sanitario debe efectuarse de acuerdo a lo propuesto en el diseño del mismo, el cual, propiamente se toman las bases de diseño de construcción del documento final del Proyecto ejecutivo del Relleno sanitario, trabajo que generalmente debe ser desarrollado por expertos en el diseño, construcción y operación de este tipo de obras de ingeniería. En dicho trabajo se consideran varios aspectos sobre la obra, en el cual, también se incluyen los estudios previos del terreno y los costos que se implican en la inversión y operación



del relleno sanitario; pero principalmente incluye el “cómo” debe ser construido y operado, mediante planos de construcción y manuales de operación. Las obras complementarias, también de gran importancia, agilizan la vialidad de los vehículos recolectores o de transferencia que descargarán los RSM a disponer, brindan un lugar a los trabajadores para efectuar sus actividades de oficina en un ambiente laboral digno, más agradable y seguro fuera de la intemperie; y una báscula para el pesaje de los RSM ayuda a llevar el control de la cantidad en peso de los RSM que entran al sitio de forma más precisa.

No obstante, los costos para la realización del proyecto ejecutivo y la construcción misma del sitio de disposición, suelen ser elevados, inclusive para la administración del Municipio, tomando en cuenta el presupuesto anual que recibe de la federación. Sin embargo existen mecanismos de financiamiento con la propia SEMARNAT y otras organizaciones, para poder efectuar el diseño y construcción de un sitio de disposición adecuado para la población, siempre y cuando se busque el beneficio ambiental y sustentable para la población.

4.8.2.3 Adquisición del equipo necesario para efectuar las actividades en el sitio

Un relleno sanitario, mecanizado o manual, requiere ser operado por personas capacitadas, provistas de herramienta suficiente y apropiada, que ayude a ser más eficiente las actividades de distribución, cubierta y compactación de los RSM, ya sea diaria o semanalmente. La importancia de seleccionar equipo necesario para efectuar las actividades en el sitio incide en la prolongación de la vida útil de relleno, así como en la seguridad del trabajador que opere el mismo. El costo de adquisición y mantenimiento del equipo suele ser también elevado y en algunas localidades representa un problema para poder operar adecuadamente el relleno; el tipo de equipo va en función de la cantidad de RSM a manejar diariamente en el relleno sanitario. En los rellenos sanitarios manuales la complejidad del equipo es menor que en la de los rellenos sanitarios mecanizados, y por ende requiere de menor costo de inversión y operación, e igualmente puede cumplir con los requerimientos estipulados por la normatividad para operar con seguridad al ambiente y la población.

4.8.2.4 Selección y capacitación del personal adecuado la operación del sitio

Debido a que la disposición final de los RSM es una actividad muy elemental en el sistema de manejo integral de residuos sólidos, es necesario que se brinde capacitación a las personas responsables de supervisar, administrar, operar y vigilar las actividades propias a desarrollar en el sitio. Es por ello que surge la necesidad de organizar pláticas o inclusive cursos de formación para los trabajadores involucrados en la disposición de los residuos. En las empresas privadas que prestan el servicio de disposición, esto es una práctica común y sus trabajadores se sienten orgullosos del desempeño de su labor, pues están respaldados por la empresa, reciben un salario justo (con sus respectivas prestaciones) y conocen la importancia de realizar eficientemente sus actividades.

En la disposición final integral se recomienda que los trabajadores involucrados se limiten a cumplir con sus actividades asignadas como: la recepción controlada de los residuos que entran al sitio en los vehículos recolectores, el control del tráfico que se pueda provocar en las vialidades del sitio por la entrada y salida de los vehículos con o sin carga de RSM, el control de la descarga de los vehículos recolectores en la celda en operación en la que se dispondrán los residuos, la distribución uniforme de los residuos sobre la celda, la cubierta diaria o semanal de los residuos con el material de diseño y apropiado, la compactación de los residuos, el control del biogás, lixiviados, agua pluvial y fauna, entre otras y muchas actividades dispuestas a desarrollar en el manual de operación del relleno sanitario. El personal laboral del relleno sanitario debe percibir un salario o remuneración justa por su actividad, y el apoyo del departamento de limpieza del municipio o de la empresa privada a la que pertenecen, para atender sus necesidades laborales y sobretodo las iniciativas que encuentren necesarias para desempeñar mejor su trabajo. Ellos son los que están en contacto directo con la disposición final de los residuos y pueden llegar a detectar fallas en el sistema o prácticas que puedan llegar a maximizar la eficiencia del sistema de disposición final de los residuos.

4.8.2.5 Supervisión de la operación del sitio

Son varias las actividades a desarrollar en el sitio y se deben efectuar oportuna, responsable y adecuadamente, con el fin de disponer los residuos que ya no se puedan reaprovechar en la población. Según el Manual para la operación de rellenos sanitarios que publicó la SEDESOL la “inspección y la supervisión en un relleno sanitario son actividades orientadas para asegurar que la operación se realice de manera óptima y en consecuencia evitar problemas económicos, sociales, técnicos y/o ambientales” (SEDESOL, 2004). Necesariamente, se deben supervisar las actividades referentes con el horario de operación, entrada y salida de los vehículos con y sin residuos, pesaje de los residuos (o estimación de estos), descarga de los residuos en el frente de trabajo en turno, compactación de los residuos, cubierta diaria o semanal de los residuos, flujo del tránsito de los vehículos que ingresan y salen del sitio, operación del equipo, formación de la celda, controles de biogás, lixiviados, drenaje pluvial y fauna, entre otras actividades más a supervisar sugerentes en los manuales de operación de los rellenos sanitarios. La supervisión la deben ejercer profesionales o personas con experiencia en el manejo del mismo con el fin de poner en marcha la operación y supervisión del relleno sanitario adecuadamente.



4.8.2.6 Cumplimiento de las medidas y controles de seguridad y salud.

Una de las características que deben ser muy tomadas en cuenta para la operación de un relleno sanitario, es el cumplimiento de las medidas y controles de seguridad y salud para la población y el ambiente. Los cuales son requeridos por la normatividad vigente con el fin de poder mantener segura la disposición de los residuos, sin que estos afecten el entorno en donde es construido y operado. Muchas de las inquietudes sobre la población y autoridades con respecto a la operación de los rellenos sanitarios, es la incertidumbre de si estos ocasionaran contaminación de cuerpos acuíferos, aire, suelo y salud de sus personas más vulnerables como niños y personas de la tercera edad.

Sin embargo, si los rellenos sanitarios manuales o mecanizados están provistos para controlar las emisiones de biogás y de lixiviados principalmente, no habrá motivo alguno para que estas obras de ingeniería sean inseguras para la población y el ambiente. Además si se efectúan periódicamente las actividades de compactación y cubierta de los RSM dispuestos, difícilmente proliferarán insectos, roedores, aves y otros animales, en busca de alimentos (al ser compactados los residuos no pueden sobrevivir animales entre los residuos enterrados y al ser cubiertos con un espesor adecuado de material, los animales grandes no pueden acceder a estos).

4.8.3 Procedimiento para realizar la Disposición Final Integral

El procedimiento propuesto para realizar la disposición final integral en una PL se describe a continuación en ocho pasos.

4.8.3.1 Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento.

Se debe revisar la normatividad vigente, en este caso la NOM-083-SEMARNAT-2003, para apegarse a su cumplimiento, para los siguientes casos:

- Cuando la población cuenta con un sitio de disposición operando inadecuadamente.
- Cuando la población cuenta con un sitio de disposición operando controladamente.
- Cuando la población requiere del diseño y construcción de un relleno sanitario.

Es decir, para todos los casos en que se desee operar un sitio para la disposición final de los RSM de determinada población; esto con el fin de verificar lo que se está incumpliendo o cumpliendo, o para considerar los requerimientos para un adecuada operación de un relleno sanitario, tanto mecanizado como manual y de cualquier tamaño. En el Anexo VII, se muestra una lista de verificación que puede servir de guía para detectar los incumplimientos de los sitios de disposición inadecuados. Entre mayor número de incumplimientos mayor será la probabilidad de que el sitio sea penalizado y considerado no adecuado para su operación.

Al leer y comprender la norma se deben proveer los recursos necesarios para rehabilitar o clausurar un sitio de disposición inadecuado (tiradero a cielo abierto, clandestino o no) o construir un sitio de disposición que cumpla con las exigencias mínimas correspondientes para resguardar la seguridad y salud. También es importante que un relleno sea operado adecuadamente para su protección propia, específicamente de la inversión de los recursos humanos, materiales y económicos que se destinaron para su desarrollo, pues si no funciona adecuadamente es probable que se tengan que destinar más recursos para ponerlo en funcionamiento, pagar multas de penalizaciones por incumplimiento a la norma o en el peor de los casos su posterior clausura.

4.8.3.2 Clausurar tiraderos a cielo abierto

En el caso de que la población requiera la rehabilitación o construcción de un relleno sanitario, pasar al siguiente punto.

En el caso de que al revisar la normatividad mencionada, se observe y compruebe una cantidad de incumplimientos elevada y cuya rehabilitación no sea factible, entonces es necesario clausurar el tiradero a cielo abierto. No es posible asumir que los sitios de disposición operados inadecuadamente sean la "única opción" para disponer de los residuos generados y no factibles de aprovechamiento en la población. La normatividad da un periodo para que los tiraderos a cielo abierto puedan ser rehabilitados en sitios de disposición controlados (consultar punto 11.3 del procedimiento de regularización para sitios controlados y no controlados en la NOM-083-SEMARNAT-2003).

Sin embargo el tiempo de vida útil de estos últimos es corto y a veces es insuficiente para que la población en conjunto con las autoridades municipales adopte las medidas necesarias para la construcción y operación de un relleno sanitario adecuado. El procedimiento de clausura de un tiradero a cielo abierto ha sido sugerido, en diferentes modalidades, por diversos expertos en la materia, con el fin de controlar y mitigar los daños provocados por la infiltración de los lixiviados en el subsuelo y en aguas subterráneas, así como también controlar la liberación de gases de combustión, como el metano, derivado de la descomposición de los compuestos conocidos como orgánicos, entre otras de saneamiento del



terreno para su clausura definitiva. En el Anexo VIII se puede consultar los pasos necesarios para la clausura de un tiradero a cielo abierto, con el correspondiente procedimiento de saneamiento del área afectada.

4.8.3.3 Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.

Antes de iniciar el diseño del relleno es necesario definir de acuerdo a las características de la población (principalmente, de acuerdo a la generación diaria de RSM, tipo de subproductos generados, recursos económicos, recursos materiales y recursos humanos), el tipo de relleno sanitario deseado y apropiado para la población.

En la siguiente tabla, elaborada de acuerdo a las Tablas No. 1, 2, 3 y 4 de la NOM-083-SEMARNAT-2003, se puede hacer una selección del tipo de relleno que pueda cumplir con las necesidades de la población para la disposición de los RSM, mostrada en la siguiente Tabla 4.8.1.

Tabla 4.8.1 Características con que deben cumplir los Rellenos Sanitarios de acuerdo a la Normatividad

Clasificación de Relleno Sanitario de acuerdo a Norma	Toneladas Recibidas de RSM diariamente	Estudios y análisis previos requeridos	Compactación requerida	Obras complementarias requeridas	Tipo de Relleno Sanitario	Tipo de población
Tipo A	> 100 Ton/día	8 estudios	> 600 o 700 kg/m ³	10 obras	mecanizado	urbana
Tipo B	50 a 100 Ton/día	7 estudios	> 500 kg/m ³	8 obras	mecanizado	urbana, semirural o rural
Tipo C	10 a 50 Ton/día	3 estudios	>400 kg/m ³	5 obras	mecanizado o manual	semirural o rural
Tipo D	> 10 Ton/día	0 estudios	300 kg/m ³	0 obras	manual	rural

(Adaptado de la NOM-083-SEMARNAT-2003)

Cabe recordar que los rellenos sanitarios pueden ser diseñados para varias poblaciones pequeñas en las que todas cooperen para su construcción y operación, y los gastos sean menos elevados. También pueden ser diseñados como relleno sanitario del Municipio que sirva tanto a las grandes ciudades y pequeñas del mismo, pero contemplando la factibilidad de la posible operación de Estaciones de Transferencia, en el caso de que las pequeñas localidades se encuentren muy aisladas de este [ver Transferencia].

Generalmente las Pequeñas Localidades requieren de rellenos sanitarios tipo C o D. "D" por la cantidad de residuos manejados diariamente (2500 hab*0.4kg/día-hab = 1Ton/día) y "C" por el tipo de actividad económica que no la hace ser totalmente rural (semirural/semiurbana) en la cual quizá se tengan los medios para construir rellenos sanitarios mecanizados. Es necesario contemplar el plan de desarrollo urbano de la población y la tasa de crecimiento de la misma, con el fin de calcular acertadamente la cantidad de RSM generados actualmente y en una proyección de años que correspondan al tiempo de vida útil que se desee para el relleno sanitario.

4.8.3.4 Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno).

Cuando ya se sabe que tipo de relleno sanitario requiere la población y se tiene el pleno conocimiento de los requerimientos a cumplir con el entendimiento de la normatividad vigente para el diseño, construcción y operación de un relleno; entonces es factible diseñar el relleno sanitario para la población. El diseño del relleno se tiene que elaborar en función de la complejidad que este requiera, en función del tipo de relleno (mecanizado o manual), tipo de equipo que se puede adquirir, tipo de recursos económicos, materiales y humanos con que se cuenta, así como del tipo de terreno y los estudios o conocimiento de las características del terreno seleccionado.

Al mencionar proyecto ejecutivo, generalmente se cree que serán muy costosos y se opta por diseñar el relleno de manera poco ordenada y sin considerar todos los elementos. Estos pueden ser efectuados por profesionales o personas con experiencia en el ramo, auspiciados con recursos financiados por el municipio u organizaciones públicas o privadas, bajo acuerdos de trabajo mutuo. Propiamente se requiere de efectuar dos proyectos ejecutivos en el cual se efectúe la selección del terreno para ubicar el relleno y otro para diseñar el relleno, con o sin obras complementarias e incluyendo las bases de construcción y el manual de operación. Sin embargo para los fines del presente trabajo en el cual propiamente se seleccionarán entre rellenos Tipo C o D, el proyecto no debe incluir tantos estudios para su ejecución. En la mayoría de los casos de poblaciones pequeñas se ubican los sitios de disposición al azar, en terrenos sin dueño, o en terrenos con dueños que rentan su uso,



o bajo criterios muy simples como: único terreno céntrico o cercano a la población, sin embargo esto es tirar una moneda al aire, pues puede ser que el terreno sea apto o no con sus correspondientes consecuencias.

En el Anexo IX, se muestra una breve metodología para guiar al lector sobre los elementos que debe constituir un proyecto ejecutivo para el Diseño de un relleno sanitario manual, tipo C o D, el cual se puede complementar con el documento de apoyo para la "Preparación, evaluación y gestión de proyectos de residuos sólidos municipales del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES, 1998). Pero propiamente el diseño del relleno sanitario debe considerar los siguientes puntos:

- Estudios previos, como: estudio demográfico, estudio topográfico, estudio geohidrológico y geofísico, estudio de mecánica de suelos, y justificación de la localización del sitio para ubicar el relleno sanitario.
- Diseño ejecutivo de construcción, operación, control y mantenimiento del relleno sanitario: parámetros de diseño, análisis y procesamiento de la información topográfica, selección del método de operación, celda diaria, nivel de desplante, material de cobertura, frente de trabajo, vida útil, superficie final, sistema de impermeabilización, manejo de biogás, manejo de lixiviados, control de fauna nociva, manejo de aguas pluviales, obras hidráulicas, caminos, obras complementarias y de control, caseta de ingreso y vigilancia, báscula y caseta de pesaje, oficinas administrativas, estacionamiento, talleres, cercado, entre otros.
- Selección de maquinaria y equipo.
- Manual de operación del relleno sanitario.
- Costos de inversión y operación.
- Planes de clausura del relleno sanitario al término de su vida útil.

4.8.3.5 Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias.

Entre el paso de diseño y construcción del relleno sanitario se deben identificar y asentar las fuentes de financiamiento para la posterior construcción del sitio de disposición que dará beneficio ambiental a la población. Este debe ser estrictamente construido de acuerdo a las bases de diseño, cualquier modificación debe ser justificada y aceptada por los responsables de la obra. La elección de la construcción o no de las obras complementarias debe ser decidida desde el diseño del relleno sanitario.

4.8.3.6 Seleccionar y adquirir el equipo de operación.

La selección del equipo de operación debe ser efectuada dentro del diseño del relleno, pues depende de la cantidad de RSM a movilizar y disponer, del tamaño del terreno y de su tiempo de vida útil, entre otros. Si después de la construcción se requiere la necesidad de otro equipo, debe ser contemplada su adquisición de acuerdo a su justificación operativa y económica. El tipo de equipos o herramientas para apoyar las actividades de operación dentro del relleno sanitario mecanizado o manual son básicamente:

- Relleno Sanitario Mecanizado: Equipo de maquinaria pesada: tractor, compactador, triturador, pala mecánica, cargador, niveladora, cisterna de agua para control de polvo y excavadora.
- Relleno Sanitario Manual: Herramientas de jardinería o albañilería: carretillas, palas, picos, azadones, barras, piones de madera, y al uso de horquillas o rastrillos y un rodillo

La cantidad y complejidad de las herramientas y equipo de trabajo para la operación del relleno, depende del número de trabajadores y de la cantidad de residuos sólidos a confinar en el sitio, así como de la disponibilidad de recursos humanos. También es posible que se solicite al municipio (o municipio vecino en forma de renta o préstamo) el uso de la maquinaria para excavar, para ambos tipos de rellenos, pues esta solo se usará en la construcción del espacio para las celdas diseñadas (Haddad, 1999).

4.8.3.7 Seleccionar, contratar y capacitar personal para supervisar, administrar, operar y vigilar.

Al ser una obra de ingeniería por pequeña que parezca un relleno sanitario manual rural, por ejemplo, este requiere ser operado por personas que cuenten con experiencia en el manejo de un relleno sanitario o bien sean capacitadas adecuadamente para ejecutar sus funciones. Dependiendo del tamaño del relleno a operar y de las actividades involucradas se debe contemplar la contratación de personal que labore para supervisar, administrar, operar o vigilar las actividades mencionadas anteriormente para el enterramiento diario o semanal de los RSM recibidos en el sitio. En algunas localidades los operadores del relleno sanitario pueden ser contratados directamente por el Municipio, haciendo esta labor más comprometida y responsable.

4.8.3.8 Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud.

Después de la puesta en marcha de la operación del relleno sanitario de la población, es necesario efectuar de la mejor manera posible, las operaciones y medidas de seguridad y salud, con el fin de alcanzar la mayor eficiencia del uso del relleno como sitio de disposición segura de los residuos ya no aprovechables por la población. El detalle de las actividades a realizar para la operación del relleno sanitario debe estar especificado en el Manual de operación desarrollado en el Proyecto ejecutivo en donde se dieron las bases de diseño, construcción y operación del mismo. A continuación se muestran las operaciones y medidas básicas a efectuar en cada tipo de relleno.

- Relleno Sanitario Mecanizado: pesaje, inspección de entrada de residuos peligrosos, descarga de residuos, esparcimiento y compactación, cubrición de los residuos, control de residuos caídos, recuperación de biogás, recuperación de lixiviados, seguridad y administración.
- Relleno Sanitario Manual: descarga de residuos, esparcimiento a través de los operarios con horquillas o rastrillos (20 a 30 cm), compactación por medio de pisonos de mano (80 cm), pendiente de 1:3 (altura: avance) mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y mayor estabilidad al relleno, cubrición de la celda (capa de tierra del orden de 15 a 20 cm, 1 vez por día) se esparce con la ayuda de carretillas, palas y azadón, y se compacta por medio de pisonos de mano y rodillo de la misma forma que los residuos.

4.8.3.9 Efectuar los controles de biogás, lixiviados, drenaje pluvial, aire y fauna nociva.

Después de la puesta en marcha de la operación del relleno sanitario de la población, es necesario efectuar de la mejor manera posible, el control de la generación de biogás, lixiviados, así como el control del drenaje pluvial y la fauna en general que sea atraída al sitio en busca de comida. Esto con el fin de proporcionar la mayor seguridad al entorno en el que fue construido el relleno. El detalle de las actividades a realizar para el control del biogás, lixiviados, drenaje pluvial (aguas superficiales, subterráneas), calidad del aire y control de fauna nociva, debe estar especificado en el Manual de operación desarrollado en el Proyecto ejecutivo en donde se dieron las bases de diseño, construcción y operación del mismo. A continuación se muestran las operaciones y medidas a efectuar en cada tipo de relleno. En la tabla 4.8.2 se pueden observar los controles ambientales con que deben cumplir cualquier tipo de relleno sanitario como sitio de disposición final.

Tabla 4.8.2 Controles ambientales en los rellenos sanitarios

Relleno Sanitario Mecanizado	Relleno Sanitario Manual
<ul style="list-style-type: none"> - Control de gases - Control de lixiviados - Control de aguas superficiales - Control de aguas subterráneas - Control de fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> - Venteo de Biogás - Drenaje de Lixiviados - Control de fauna nociva

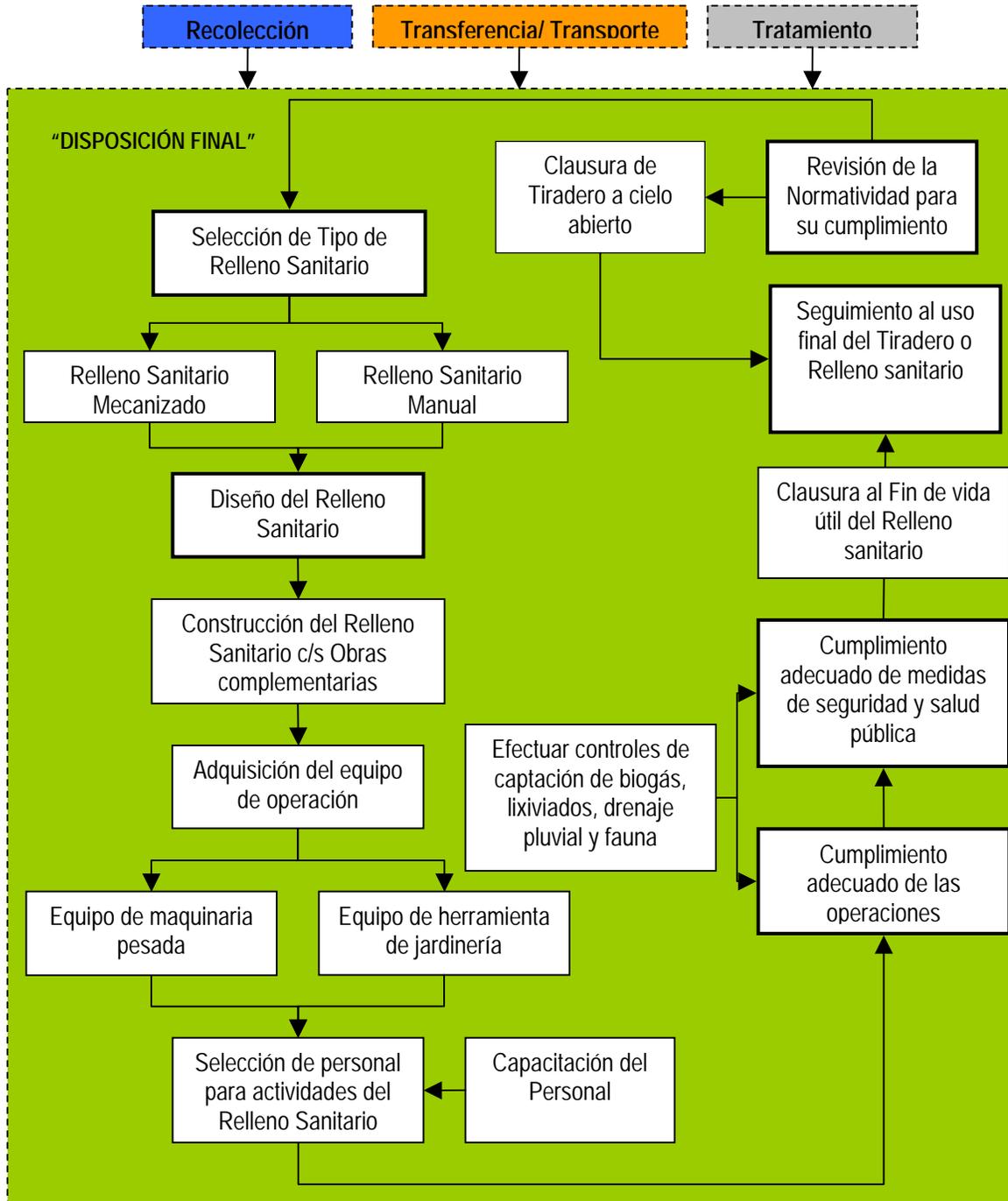
4.8.3.10 Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño.

El término de vida útil del relleno sanitario debe ser determinado en el diseño de este antes de su construcción. Posterior a su clausura, debe brindársele el uso (como uso habitacional, comercial, industrial, agrícola o de recreación) para el cual fue diseñado al dejar de operar y ser estabilizado de acuerdo al procedimiento de diseño. El detalle de las actividades a realizar para la operación del relleno sanitario debe estar especificado en el Manual de operación desarrollado en el Proyecto ejecutivo en donde se dieron las bases de diseño, construcción y operación del mismo.

Es necesario y obligatorio dar seguimiento al uso final del relleno sanitario, en el cual se controlen las emisiones de biogás y lixiviados que sigan desprendiendo los productos de descomposición o escurrimiento de los RSM dispuestos más recientemente previo a la clausura. Existe un protocolo y procedimiento a seguir para la posclausura de los rellenos sanitarios, en el cual se debe tomar en cuenta el tiempo transcurrido desde el diseño del relleno hasta la posclausura del mismo, pues muy probablemente existan métodos nuevos para la estabilización y uso de los rellenos sanitarios, que deben ser considerados antes de realizar al "pié de la letra" el procedimiento de posclausura definido desde el diseño del relleno.



4.8.4 Diagrama de Flujo para la Disposición Final Integral





Contenido del Capítulo IV

4.1	DESARROLLO DEL SMIRSM	44
4.2	ALMACENAMIENTO INTEGRAL	46
4.2.1	<i>Concepto</i>	46
4.2.2	<i>Características del Almacenamiento Integral</i>	46
4.2.2.1	Separación de los residuos sólidos	46
4.2.2.1.1	Separación de Residuos Orgánicos	46
4.2.2.1.2	Separación de los residuos sanitarios	47
4.2.2.1.3	Separación de los residuos inorgánicos.....	47
4.2.2.1.4	Separación de Residuos Peligrosos	47
4.2.2.2	Uso adecuado y suficiente de contenedores	48
4.2.2.3	Mantenimiento oportuno a los contenedores y al área de almacenamiento.....	48
4.2.2.4	Disminución de la contaminación de los residuos reciclables.....	48
4.2.2.5	Comunicación con el prestador de servicio de recolección.....	49
4.2.3	<i>Procedimiento para realizar el Almacenamiento Integral</i>	49
4.2.3.1	Adquirir los Contenedores Privados/Públicos.....	49
4.2.3.2	Dar mantenimiento a los Contenedores.....	51
4.2.3.3	Separar y Almacenar los Residuos.....	51
4.2.4	<i>Diagrama de Flujo para el Almacenamiento Integral</i>	51
4.3	BARRIDO INTEGRAL	52
4.3.1	<i>Concepto</i>	52
4.3.2	<i>Características del Barrido Integral</i>	52
4.3.2.1	Conocimiento de las características de los residuos	52
4.3.2.2	Conocimiento de las características de la localidad	52
4.3.2.3	Selección del tipo de barrido (manual o mecánico)	52
4.3.2.4	Determinación del prestador del servicio de barrido.....	53
4.3.2.5	Determinación del equipo de barrido	53
4.3.2.6	Determinación de la ruta de barrido con separación de residuos.....	53
4.3.2.7	Apoyo higiénico de los habitantes y visitantes de la localidad.....	53
4.3.3	<i>Procedimiento para realizar el Barrido Integral</i>	53
4.3.3.1	Estimar características de los residuos encontrados en calles y áreas públicas de la localidad	53
4.3.3.2	Determinar características de la localidad.....	53
4.3.3.3	Determinar tipo de barrido: manual y mecánico	54
4.3.3.4	Determinar prestador del servicio de barrido	54
4.3.3.5	Determinar equipo para el barrido	54
4.3.3.6	Determinar ruta del barrido.....	54
4.3.3.7	Realizar el barrido eficientemente y con separación	55
4.3.3.8	Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles	55
4.3.4	<i>Diagrama de Flujo para el Barrido Integral</i>	56
4.4	RECOLECCIÓN INTEGRAL	57
4.4.1	<i>Concepto</i>	57
4.4.2	<i>Características de la Recolección Integral</i>	57
4.4.2.1	Selección del método de recolección	57
4.4.2.2	Determinación de la infraestructura para la recolección (equipo y personal).....	58
4.4.2.3	Capacitación del personal de recolección	59
4.4.2.4	Existencia de convenios con los recicladores.....	59
4.4.2.5	Determinación de la ruta de recolección	59
4.4.2.6	Monitoreo de la cantidad, volumen y tipo de materiales recolectados una vez iniciada la recolección	60
4.4.3	<i>Procedimiento para realizar la Recolección Integral</i>	60
4.4.3.1	Escoger el sistema de recolección	60
4.4.3.2	Calcular las dimensiones del vehículo recolector.....	61
4.4.3.3	Asignar el personal para prestar el servicio de recolección.....	62
4.4.3.4	Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores.....	62
4.4.3.5	Diseñar las rutas de recolección	62
4.4.3.6	Recolectar los residuos de acuerdo al sistema.....	63



4.4.3.7	Llevar los residuos a su destino próximo	63
4.4.3.8	Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos	63
4.4.4	<i>Diagrama de Flujo para la Recolección Integral</i>	64
4.5	REUSO Y RECICLAJE INTEGRAL	64
4.5.1	<i>Concepto</i>	64
4.5.2	<i>Características del Reuso y Reciclaje Integral</i>	65
4.5.2.1	Selección de materiales aprovechables	65
4.5.2.2	Acondicionamiento de materiales aprovechables.....	65
4.5.2.3	Clasificación de materiales para reusar y/o reciclar	65
4.5.2.4	Asignación de la forma de reuso/reciclaje de los materiales en el hogar.	65
4.5.2.5	Selección de la vía de comercialización de materiales a reusar/reciclar por empresas recicladoras.....	66
4.5.2.6	Comercialización de los materiales.....	66
4.5.3	<i>Procedimiento para realizar el Reuso y Reciclaje Integral</i>	67
4.5.3.1	Seleccionar y cuantificar de los materiales aprovechables	67
4.5.3.2	Asignación de la forma de reuso/reciclaje	67
4.5.3.3	Acondicionar los materiales.....	68
4.5.3.4	Selección de la vía de comercialización.....	69
4.5.3.5	Comercialización de los reciclables y envío a recolección.....	69
4.5.4	<i>Diagrama de Flujo para el Reuso y Reciclaje Integral</i>	70
4.6	TRANSPORTE Y TRANSFERENCIA INTEGRAL	71
4.6.1	<i>Concepto</i>	71
4.6.2	<i>Características del Transporte y Transferencia Integral</i>	71
4.6.2.1	Determinación destinos y distancias del transporte y transferencia de los residuos.....	71
4.6.2.2	Identificación de características de las vías de acceso a la comunidad	71
4.6.2.3	Determinación del vehículo para el transporte y transferencia de los residuos	72
4.6.2.4	Selección del personal y capacitación	72
4.6.2.5	Selección de la estación de transferencia más cercana o ubicación de una nueva.....	72
4.6.3	<i>Procedimiento para Realizar el Transporte y Transferencia Integral</i>	72
4.6.3.1	Determinar la conveniencia del Servicio de Transferencia	72
4.6.3.2	Escoger el sistema de transferencia.....	73
4.6.3.3	Seleccionar o diseñar la estación de transferencia.....	74
4.6.3.4	Determinar las actividades de operación en la Estación de Transferencia	75
4.6.3.5	Diseñar las rutas de transferencia.....	75
4.6.3.6	Asignar el personal para prestar el servicio de transferencia.....	76
4.6.3.7	Transferir los residuos a su destino próximo.....	76
4.6.3.8	Realizar el inventario de residuos transferidos.....	76
4.6.4	<i>Diagrama de Flujo para el Transporte y Transferencia Integral</i>	77
4.7	TRATAMIENTO INTEGRAL	78
4.7.1	<i>Concepto</i>	78
4.7.2	<i>Características de Tratamiento Integral</i>	78
4.7.2.1	Almacenamiento de materiales reciclables para tratamiento.....	78
4.7.2.2	Separación y Disposición de materiales contaminantes	78
4.7.2.3	Selección del tipo de tratamiento: por método y por material	79
4.7.2.4	Disponibilidad de Tratamientos	79
4.7.2.5	Obtención de energéticos no contaminantes	79
4.7.2.6	Almacenamiento y venta de los materiales reprocesados.....	80
4.7.3	<i>Procedimiento para realizar Tratamiento Integral</i>	80
4.7.3.1	Seleccionar el tipo de Tratamiento.....	80
4.7.3.2	Disponer de un área de almacenamiento	81
4.7.3.3	Realizar la separación del material a procesar	81
4.7.3.4	Realizar acondicionamiento de los materiales	82
4.7.3.5	Realizar el tratamiento y obtener producto final	82
4.7.3.6	Canalización del producto final	82
4.7.4	<i>Diagrama de Flujo para el Tratamiento Integral</i>	83
4.8	DISPOSICIÓN FINAL INTEGRAL	84
4.8.1	<i>Concepto</i>	84



4.8.2	<i>Características de Disposición Final Integral</i>	84
4.8.2.1	Selección de la ubicación y diseño adecuados del sitio de disposición final de acuerdo a normatividad vigente	84
4.8.2.2	Construcción y operación adecuada del sitio de disposición y obras complementarias	84
4.8.2.3	Adquisición del equipo necesario para efectuar las actividades en el sitio	85
4.8.2.4	Selección y capacitación del personal adecuado la operación del sitio	85
4.8.2.5	Supervisión de la operación del sitio.....	85
4.8.2.6	Cumplimiento de las medidas y controles de seguridad y salud.	86
4.8.3	<i>Procedimiento para realizar la Disposición Final Integral</i>	86
4.8.3.1	Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento	86
4.8.3.2	Clausurar tiraderos a cielo abierto.....	86
4.8.3.3	Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.	87
4.8.3.4	Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno).....	87
4.8.3.5	Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias.....	88
4.8.3.6	Seleccionar y adquirir el equipo de operación.	88
4.8.3.7	Seleccionar, contratar y capacitar personal para supervisar, administrar, operar y vigilar.	88
4.8.3.8	Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud.	89
4.8.3.9	Efectuar los controles de biogás, lixiviados, drenaje pluvial, aire y fauna nociva.....	89
4.8.3.10	Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño.	89
4.8.4	<i>Diagrama de Flujo para la Disposición Final Integral</i>	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.2.1	Subproductos de los residuos inorgánicos	47
Tabla 4.2.2(a)	Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento	49
Tabla 4.2.2(b)	Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento	50
Tabla 4.2.2(c)	Cálculos para determinar capacidad de almacenamiento.....	50
Tabla 4.2.3	Guía para seleccionar contenedor comercial adecuado	50
Tabla 4.4.1	Ventajas de los métodos de recolección en pequeñas localidades	57
Tabla 4.4.1 (cont.)	Ventajas de los métodos de recolección en pequeñas localidades	58
Tabla 4.4.2	Ventajas de los vehículos de recolección en pequeñas localidades	58
Tabla 4.4.2 (cont.)	Ventajas de los vehículos de recolección en pequeñas localidades.....	59
Tabla 4.4.3	Guía para selección del método de recolección	60
Tabla 4.4.3 (cont.)	Guía para selección del método de recolección.....	61
Tabla 4.4.4	Cálculos para dimensionamiento del vehículo recolector.....	61
Tabla 4.4.5	Requerimientos para establecer las bases de convenios entre Generadores-Recolectores-Recicladores	62
Tabla 4.5.1	Materiales aprovechables provenientes de RSM	67
Tabla 4.5.2	Formas de reuso y reciclaje para materiales aprovechables de RSM.....	68
Tabla 4.5.3	Especificaciones de compra en Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje	69
Tabla 4.5.4	Matriz de selección de vía de comercialización de RSM.....	69
Tabla 4.5.5	Tipo de comercialización de acuerdo al método de recolección en la localidad	69
Tabla 4.5.5 (cont.)	Tipo de comercialización de acuerdo al método de recolección en la localidad	70
Tabla 4.6.1	Relación de distancias y tiempos, con respecto a las velocidades de vehículos recolectores	73
Tabla 4.6.2	Cálculo de tiempo y combustible gastados para la transferencia de RSM.....	73
Tabla 4.6.3	Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM	74
Tabla 4.6.4	Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM	74
Tabla 4.6.4 (cont.)	Ventajas y Desventajas de los tres tipos de transferencia de RSM	75
Tabla 4.7.1	Tipos de tratamientos de acuerdo de los RSM aprovechables	80
Tabla 4.7.1 (cont.)	Tipos de tratamientos de acuerdo de los RSM aprovechables	81
Tabla 4.7.2	Tipo de almacenamiento para brindar tratamiento a los RSM	81
Tabla 4.8.1	Características con que deben cumplir los Rellenos Sanitarios de acuerdo a la Normatividad	87
Tabla 4.8.2	Controles ambientales en los rellenos sanitarios	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 4.1 Diagrama de Flujo del sistema de manejo integral de RSM.....	44
Fig. 4.3.1 Metodología simplificada para trazado de macro y micro rutas de barrido	55
Fig. 4.4.6 Metodología simplificada para trazado de macro y micro rutas de recolección	63
Fig. 4.6.1 Actividades para el trazado de rutas de transferencia.....	75



CAPÍTULO V. APLICACIONES DEL SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL DE RSM PARA LAS PEQUEÑAS LOCALIDADES

5.1 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Para los fines de este trabajo, se eligieron como casos de estudio, prácticos y teóricos, algunas alternativas propuestas de aplicación de la metodología del SMIRSM para PL, que debido a sus diferentes características particulares, se pueden seguir diferentes rutas en el procedimiento para realizar cada una de las etapas Integrales, que constituyen al Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales. Esto es con el fin de ejemplificar al lector o responsable del manejo de los residuos, como puede aplicar la metodología propuesta del procedimiento del SMIRSM, cumpliendo con las características que supondrían cada etapa del manejo de los residuos como integrales en sí mismas y por interrelacionarse entre ellas. Así mismo, cada caso de estudio al que se le aplique el procedimiento ejemplificará una alternativa que puede manejar una pequeña localidad de acuerdo a sus necesidades.

En la tabla siguiente se muestran las pequeñas localidades a aplicar la metodología propuesta del SMIRSM, las cuales se clasifican como se describe en la matriz. El tamaño de población de las tres localidades no es mayor de 2500 habitantes.

Tabla 5.1.1 Matriz de PL a Aplicar la Metodología del SMIRSM propuesto

Pequeña Localidad	Actividad Económica			Clase Socioeconómica			Servicios proporcionados por el municipio para MRSM		
	Rural	Mixta	Urbana	Baja	Media	Alta	Si, bueno	Si, deficiente	No
Aldea de los Reyes, Estado de México		x			x			x	
Akumal, Quintana Roo			x			x		x	
La Quebradora, Guerrero	x			x					x

Debido a los alcances y limitaciones del trabajo de tesis se escogieron solo tres combinaciones que se pueden efectuar de acuerdo a la matriz mencionada, de las cuales se muestran a continuación las pequeñas localidades escogidas como caso de estudio. En las que se desea destacar la aplicación del SMIRSM tanto a localidades de escasos recursos como de considerables recursos pero que son pequeñas en número de población y los servicios proporcionados por los municipios a los que pertenecen pueden ser potencialmente mejorados para cada localidad.

5.2 APLICACIÓN PARA ALDEA DE LOS REYES, ESTADO DE MÉXICO

A continuación se presenta la aplicación del SMIRSM para la pequeña localidad de Aldea de los Reyes.

5.2.1 Descripción de la población

Localización: La "Aldea de los Reyes" (AdeLR) es una pequeña localidad que conforma una de las dos subdelegaciones del Municipio de Amecameca (Amecameca esta formada por 1 cabecera municipal, 6 delegaciones y 2 subdelegaciones, y con sus casi 182 km² de extensión superficial forma el 0.8% del Estado de México). Esta subdelegación forma parte del territorio de la delegación de San Francisco Zentlálpan, de 392 Ha totales de propiedad ejidal. AdeLR está ubicada en la zona amarilla del área de las áreas de riesgo por erupción volcánica del Popocatepetl, la cual significa zona de bajo riesgo, de acuerdo a la clasificación del Centro Nacional de Prevención de Desastres del territorio. Característicamente, la localidad se encuentra dividida por la carretera México-Cuáutla (carretera federal No. 115), por lo cual existen habitantes de Aldea de los Reyes ubicados en el lado este de la carretera y otros en el lado oeste (PMDU Amecameca, 2003).

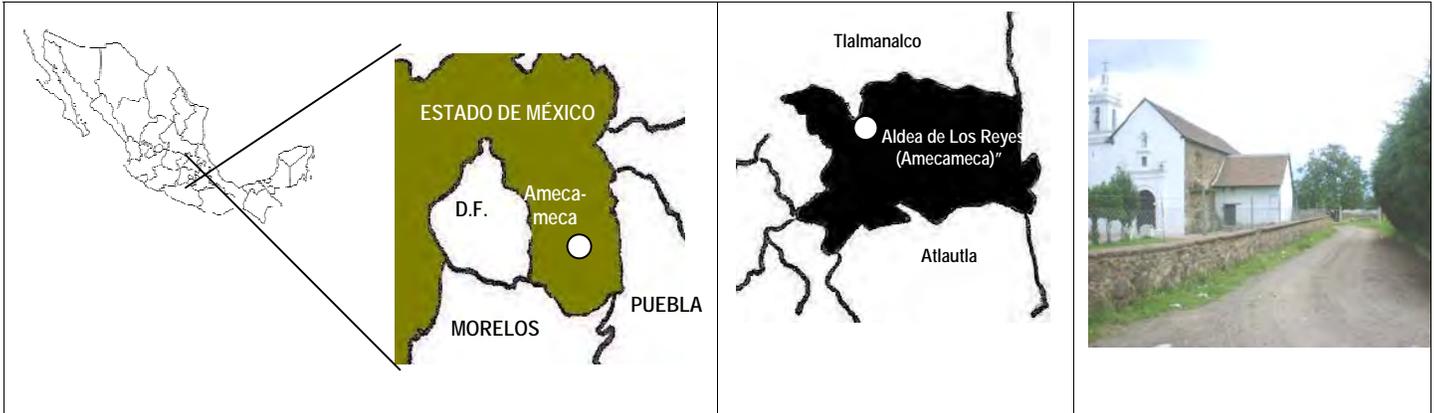


Fig. 5.2.1 Ubicación de Amecameca

Fig. 5.2.2 Colindancias de AdeLR y Panorámica de AdeLR

(Las figuras fueron adaptadas de los mapas de la localidad proporcionados en las páginas web del INEGI y del Estado de México)

Solo 52.73 km² (zona rayada de la figura 5.2.2) del territorio total del Municipio de Amecameca (29.02% de 181.72 km²) corresponde a la propiedad privada y ejidal, y es el territorio en el que se desarrollan las principales actividades y se concentra la mayoría de la población municipal, y en donde también se encuentra ubicada Aldea de los Reyes. El 70.98% restante es propiedad comunal y de reserva.

Actividad económica: La principal actividad económica de la población rural, es agricultura (cultivan maíz y frutas), y después la ganadería (ganado vacuno y porcino) para la obtención de derivados de la leche de vaca y carne; también tienen otras actividades tales como el comercio, que principalmente es realizado en la cabecera municipal de Amecameca por los habitantes de la localidad. En la propia localidad solo se cuenta con dos restaurantes y una tienda de abarrotes.

Factores Sociales: La población fija de Aldea de los Reyes en el Censo poblacional del 2000 se estimó de 369 habitantes, de aproximadamente 81 viviendas habitadas, una población económicamente activa de 135 personas y una población analfabeta de 253 habitantes (INEGI, 2006). La clase socioeconómica predominante, es la media. La mayoría de las viviendas cuentan con paredes con materiales firmes de construcción (ladrillo, cemento y asbesto), están techados. Cuentan con servicios públicos de agua potable y luz, sin embargo no cuentan con drenaje (usan fosas sépticas). Solo algunas de las viviendas son de materiales como tablonas de asbesto y techos de lámina. Las calles en su mayoría son de tierra compactada y suficientemente amplias para que pasen vehículos en dos sentidos, la topografía de esta localidad es plana, no cuenta con desniveles pronunciados, sin embargo si existen algunos baches grandes en algunas zonas, debido a la lluvia y al material de las calles. El clima típicamente es frío durante todo el año y lluvioso sólo en primavera y verano.

Situación Política: Aldea de los Reyes es una subdelegación de Amecameca, de la delegación San Francisco Zentlalpan, y está ubicada a 1.5 km al noreste de la Cabecera Municipal; ya que el municipio para su gobierno, organización y administración interna, se divide en 6 sectores o barrios, 6 delegaciones y la cabecera municipal. Son autoridades auxiliares del municipio, los delegados y subdelegados, jefes de sector o de sección y jefes de manzana. Los delegados y subdelegados, son elegidos por votación, duran en el cargo tres años. Sus funciones son ejercer, en las respectivas jurisdicciones, las atribuciones que les delegue el ayuntamiento, para mantener el orden, la tranquilidad, la paz social, la seguridad y la protección de los vecinos, conforme a lo establecido en los reglamentos respectivos (CNDM-GEM, 2001).

Situación Cultural: El municipio cuenta con una nascente actividad turística. Ofrece a sus visitantes el parque nacional Izta-Popo, Paso de Cortés, el albergue a Tlamacas, los dos volcanes e infinidad de parajes naturales, para quienes gustan del campismo, montañismo, alpinismo y excursionismo. En la cabecera municipal la plaza principal, la iglesia y el cerro del Sacromonte, son los atractivos turísticos históricos. La mayoría de la población de Aldea de los Reyes se sostiene de la actividad comercial y turística debida a las actividades culturales desarrolladas en el municipio. En Aldea de los Reyes se encuentra la Capilla de los Reyes del siglo XIX, quien da origen y nombre a esta localidad.

Crecimiento de la Población: Como localidad de una entidad federativa, Aldea de los Reyes presenta la tasa de crecimiento anual del Estado de México, siendo ésta del 3% entre los años comprendidos de 1990 al 2000. De lo cual se puede inferir que si en el año 2000 se registró una población de 369 habitantes, para el 2005 se esperaría una población de 55 habitantes más aproximadamente, por lo cual la población inferida en el 2005 se estima de 424 habitantes.

5.2.2 Manejo actual de los RSM en la población

A continuación se hace una breve descripción del manejo actual de los RSM en Aldea de los Reyes, considerando cada etapa involucrada con la manipulación de los RSM. La presente información se derivó de la observación en campo de la localidad, de las encuestas realizadas a 31 habitantes de la población, que a su vez participaron en el estudio de generación realizado en el mes de Septiembre del 2005 para la población, de los resultados obtenidos de tal estudio y de la información recopilada con las autoridades del la Dirección de Obras Públicas y Desarrollo Urbano de la administración 2003-2006 del Ayuntamiento de Amecameca, el cual es un órgano que tiene a su cargo la prestación, explotación, administración y conservación de los servicios públicos municipales: agua potable, alcantarillado, saneamiento y aguas residuales, alumbrado público, limpia y disposición de deshechos, mercados y centrales de abasto, panteones, rastro, calles y parques.

Generación. La generación per cápita de residuos se calculó de 0.430 kg/hab-día, de acuerdo a un Estudio de Generación (Ver Anexo III-1) realizado durante 8 días (del 19 al 27 de Septiembre del 2005) de acuerdo a la **NMX-AA-061-1985** y un peso volumétrico de 210 kg/m³, realizado de acuerdo a la **NOM-AA-19-1985** de Determinación de Peso volumétrico in situ. De acuerdo a la población de 424 habitantes de Aldea de los Reyes, estimada en el 2005 inferida por datos del INEGI, se puede apreciar en la siguiente tabla 5.1 las generaciones per cápita y poblacional que se genera diaria, semanal o mensualmente.

Tabla 5.2.1 Generación per cápita y poblacional en AdeLR

Frecuencia	Generación per cápita	Generación Poblacional
Diaria	0.430 kg/hab-día	182.32 kg/día
Semanal	3.010 kg/hab-sem	1276.24 kg/sem
Mensual	12.900 kg/hab-mes	5469.60 kg/mes

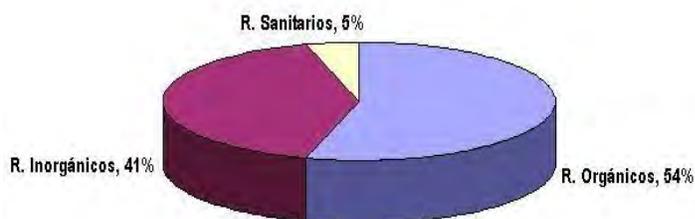


Fig. 5.2.3 Porcentaje de Residuos Sólidos en AdeLR

También se determinó, en el mismo estudio y periodo, la clasificación y cuantificación de los subproductos generados por los habitantes, de acuerdo al procedimiento descrito en la **NMX-AA-22-1985**, en el cual se presentó la siguiente composición de residuos:

Tabla 5.2.2 Composición de los subproductos generados al día en AdeLR, Zona Sur del País y El Paraíso

Residuos	Subproducto	Aldea de los Reyes (AdeLR)		Zona Sur del País (Akumal)		El Paraíso (La Quebradora)	
		kg/día	%	%	-	kg/día	%
Orgánicos	R. Alimentos	16.385	50.960	16.594	-	15.27	20.04
	R. Jardín	1.091	3.390	26.975	-	29.84	39.16
Inorgánicos	Hule	0.020	0.060	0.350	-	0.94	1.23
	Metales	0.963	3.000	5.062	-	1.34	1.76
	Aluminio	0.556	1.730	0.398	-	0.32	0.42
	Lata	0.280	0.870	2.966	-	0.55	0.72
	Material no ferrosos	0.127	0.400	1.698	-	0.35	0.46
	Material ferroso	-	-	-	-	0.12	0.16
	Plásticos	4.196	13.050	2.951	-	6.89	9.04
	Plástico duro (PEAD, PEAD/PP y PVC)	1.239	3.850	1.228	-	0.87 1.30 0.06	1.14 1.70 0.08
	Plástico aluminizado	0.085	0.260	-	-	-	-
	Plástico ligero (otros)	1.889	5.880	1.723	-	2.96	3.89
	Unicel	0.137	0.430	-	-	0.10	0.13
Plástico PET	0.846	2.630	-	-	1.61	2.11	



Tabla 5.2.2 (cont.) Composición de los subproductos generados al día en AdeLR

Inorgánicos (cont.)	Papel y Cartón	4.250	13.210	13.697	-	4.02	5.28
	Periódico	0.126	0.390	-	-	0.19	0.25
	Papel	2.708	8.420	8.853	-	0.86	1.13
	Papel encerado (Otros papeles: aluminizado, revista, encerado)	0.033	0.100	-	-	0.24 0.09 0.38	0.32 0.12 0.50
	Cartón (Cartón encerado)	1.383	4.300	4.844	-	1.91 0.33	2.51 0.44
	Multicapas	0.290	0.900	-	-	0.42	0.56
	Textiles (Fibras)	1.128	3.510	2.157	-	1.18	1.55
	Varios	2.379	7.410	22.177	-	1.48	1.94
	Cuero	0.166	0.520	-	-	0.05	0.06
	Madera	0.183	0.570	-	-	0.50	0.66
	Finos	0.028	0.090	8.075	-	0.09	0.12
	Barro	0.323	1.000	-	-	0.62	0.81
	otros	0.137	0.430	14.102	-	0.22	0.29
	Vidrio	1.542	4.800	4.314	-	3.31	4.35
	Vidrio de color	-	-	0.599	-	-	-
Vidrio transparente	-	-	3.715	-	-	-	
Sanitarios	R. Sanitarios	1.448	4.500	5.723	-	9.03	11.85
No RSM	R. Peligrosos	-	-	-	-	0.13	0.17
	R. Construcción	-	-	-	-	2.05	2.69
	R. Especiales	-	-	-	-	0.30	0.39
Total		32.150	100.000	32.150	-	76.20	100.00

Siendo los de mayor porcentaje en peso los residuos orgánicos, los plásticos, los materiales de papel y cartón, el vidrio (transparente) y los residuos sanitarios.

Almacenamiento: No existen contenedores públicos para la población de la localidad, ni en calles ni en la propia carretera. En los domicilios generalmente se utilizan botes de plástico sin tapa y costales para el almacenamiento mezclado de la gran diversidad de subproductos de RSM.

Barrido: Generalmente un miembro de cada casa-habitación barre la fracción de calle correspondiente a su vivienda, pues no hay servicio de barrido público, es decir, el proporcionado por trabajadores del departamento de limpia del Ayuntamiento, generalmente asignados a barrer los cuadros principales de la cabecera municipal. En días festivos un grupo de habitantes acuerdan limpiar el área después de festejos en la plaza pública.

Recolección y Transporte: La mayoría de los habitantes encargados de entregar al o los operadores del vehículo recolector, los residuos sólidos generados en sus viviendas, son las amas de casa, tanto en horario matutino como vespertino. El método de recolección proporcionado por el municipio se lleva a cabo por Parada Fija, 1 ó 2 veces por semana, sin separación, en vehículos recolectores de 3 a 6 m³, pues no siempre es el mismo vehículo asignado a la localidad por el municipio. El servicio de limpia es un poco deficiente en cuanto a frecuencia y eficiencia para la recolección de los residuos, e inclusive se ha suspendido a la población el servicio de recolección por periodos de 3 a 4 semanas.

Reuso y Reciclaje: El reuso de ciertos materiales como, envases de plástico y vidrio o materiales de papel y cartón, solo se hace de manera privada y en pequeña escala. Tal es el caso de un habitante que reutiliza llantas gastadas para la fabricación de macetas de uso personal. El reciclaje de materiales a nivel domiciliar no se efectúa. No existen programas de aprovechamiento a nivel local ni municipal. La mayoría de los



residuos de jardín no son mezclados con el resto de los RSM por la población, pues conocen que son degradados de manera natural en sus jardines y tierras de cultivo o quemados para disminuir su volumen, la mayoría de la población los envía a disposición final, y una pequeña minoría de la población reutiliza los residuos de alimentos para alimentar a sus animales de crianza (puercos y conejos) y de compañía (perros y gatos).

Transferencia: No hay transferencia de residuos en estaciones de transferencia, debido a que la localidad se encuentra a 3 km del sitio de disposición final del municipio.

Tratamiento: No existen tratamientos de los residuos ni a nivel local ni a nivel municipal. La práctica de la quema de los residuos no es controlada, pues se hace de manera mezclada. Solo los residuos de jardín reciben un tratamiento natural al ser dispuestos en los jardines y tierras de cultivo para su degradación, pero no se efectúa de manera controlada para la elaboración de composta propiamente.

Disposición Final: El destino final de los RSM de esta localidad es el relleno sanitario (que fue construido recientemente, 2003) del municipio de Amecameca, por ser de las localidades más cercanas a este, y el cual se ubica a 1.5 km aproximadamente de la cabecera municipal, en el cual se disponen de 28 a 30 Ton/día entre todo el municipio. Dicho sitio, actualmente no cumple en algunos procedimientos de operación de la NOM-083-SEMARNAT-2003, como con la falta de cubierta diaria de los RSM, la pepena dentro del sitio sin medidas de seguridad, inexistencia clara de un frente de trabajo definido para que los vehículos dispongan los residuos de manera controlada, entre otras. En Aldea de los Reyes existía un tiradero a cielo abierto en un lote baldío ubicado en el actual terreno del panteón a un lado de la carretera, y actualmente se ha convertido en una cancha de básquetbol. Actualmente se encuentran concentraciones considerables de pañales y plásticos en un lote cercano a la cancha de básquetbol y en un lote cercano al salón de fiestas de la localidad vecina.

5.2.3 SMIRSM propuesto para Aldea de los Reyes

Con la información previa de la pequeña localidad en estudio se puede percibir las características de la población, principalmente de los recursos e infraestructura con que cuenta, así como de las carencias para manejar adecuadamente sus residuos sólidos municipales generados. A continuación se aplicará el procedimiento propuesto de cada etapa del SMIRSM para la población de Aldea de los Reyes, Amecameca, como una primera propuesta para el manejo integral de sus residuos sólidos municipales.

5.2.3.1 Almacenamiento

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de almacenamiento integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.1.1 Adquirir los contenedores privados/públicos

Para reducir el envío de los residuos aprovechables al sitio de disposición final, tales como los orgánicos y algunos inorgánicos, se requiere contar con 3 contenedores para la separación de los residuos, y para cada uno se requiere contar con el volumen necesario para su almacenamiento.

a) Calcular la capacidad de almacenamiento de RSM

Contenedores Privados. En una casa habitación de Aldea de los Reyes, con 5 habitantes en promedio y una frecuencia de recolección de 1 vez por semana, se propone la siguiente capacidad de almacenamiento.

Tabla 5.2.3 Capacidad de almacenamiento total privado para AdeLR

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1º	$G_{Total} = G_{media} \times N_{hab.}$	$(0.430kg / hab \cdot día) \times (5hab) = 2.15kg / día$
2º	$V_{diario} = G_{Total} / PV$	$2.15kg / día / 210kg / m^3 = 0.0102m^3 / día$
3º	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.0102m^3 / día) \times (7días) = 0.0714m^3$
4º	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(0.0714m^3) \times (1.5) = 0.1071m^3$

El volumen de almacenamiento de 5 habitantes de una casa habitación, para almacenar sus RSM durante 1 semana, se recomienda que sea mínimo de $0.1071m^3$, es decir 107.1 L. Para fines prácticos, se redondea el valor, para considerar una capacidad de 110L.



Sin embargo, el almacenamiento integral requiere que se separen los residuos sólidos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios, por lo que la capacidad de este contenedor debe ser repartido en 3 partes proporcionalmente, de acuerdo a la composición estimada en el Estudio de Generación. Para fines prácticos pueden ser de iguales dimensiones, aunque no está por demás que la capacidad esté sobrada, siempre y cuando la economía de los habitantes lo permita.

Tabla 5.2.4 Capacidad de almacenamiento privado por tipo de residuos para AdeLR

Porcentaje de Residuos	Capacidad de almacenamiento para cada tipo de residuo
Residuos Orgánicos = 55 %	$110L \times 0.54 = 60L$
Residuos inorgánicos = 41 %	$110L \times 0.41 = 45L$
Residuos Sanitarios = 5 %	$110L \times 0.05 = 5L$

Contenedores Públicos. En la localidad de Aldea de los Reyes, con 424 habitantes (aproximadamente) y una frecuencia de recolección de 2 veces por semana (lunes y jueves por ejemplo), se propone la siguiente capacidad de almacenamiento.

Tabla 5.2.5 Capacidad de almacenamiento total de contenedores públicos para AdeLR

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$G_{Total} = G_{media} \times N_{hab.}$	$(0.430kg / hab \cdot día) \times (424hab) = 182.32kg / día$
2°	$V_{diario} = G_{Total} / PV$	$182.32kg / día / 210kg / m^3 = 0.868m^3 / día$
3°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.868m^3 / día) \times (3.5días) = 3.038m^3$
4°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(3.038m^3) \times (1.5) = 4.557m^3$

El volumen de almacenamiento de 424 habitantes en Aldea de los Reyes, para almacenar sus RSM durante 3.5 días a la semana, se recomienda que sea mínimo de $4.557m^3$, es decir 4,557L. Para fines prácticos, se redondea el valor, para considerar una capacidad de 5,000L.

Sin embargo, el almacenamiento integral requiere que se separen los residuos sólidos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios, por lo que la capacidad de este contenedor debe ser repartido en 3 partes proporcionalmente, de acuerdo a la composición estimada en el Estudio de Generación. Para fines prácticos pueden ser de iguales dimensiones, aunque no está por demás que la capacidad esté sobrada, siempre y cuando la economía de la localidad y el municipio lo permita.

Tabla 5.2.6 Capacidad de almacenamiento de contenedores públicos por tipo de residuos para AdeLR

Porcentaje de Residuos	Capacidad de almacenamiento para cada tipo de residuo
Residuos Orgánicos = 55 %	$5000L \times 0.54 = 2700L$
Residuos Inorgánicos = 41 %	$5000L \times 0.41 = 2050L$
Residuos Sanitarios = 5 %	$5000L \times 0.05 = 250L$

Nota: Para reducir el espacio ocupado por el volumen de los RSM, tanto en los contenedores privados como en los públicos, es necesario que los generadores al ir colocando sus residuos en los contenedores los compacten (con sus propias manos cubiertas o con herramientas auxiliares). Si se construyen estos contenedores o compran, con tales dimensiones, se evitará el consumo de bolsas de plástico para desechar en cada recolección (lo cual acrecienta la cantidad de residuos plásticos que se destinan a los rellenos sanitarios o que se les debe dar tratamiento para su reciclaje) y la disposición de los RSM en lotes baldíos, o aceras de la carretera, de la propia localidad.

b) Calcular el número de contenedores requeridos

Contenedores privados. En este caso, en el que el volumen de cada uno de los contenedores para los diferentes 3 tipos de residuos a almacenar, no rebasa las dimensiones para que estos sean divididos en dos o más recipientes, no es necesario aplicar el cálculo para



cuantificar el número de contenedores requeridos. Éste sólo aplica para cuando se crea necesario repartir el espacio de la capacidad de los recipientes en 2 o más partes. Se puede observar incluso, que estos tres contenedores pueden ser ubicados en un espacio de 0.5 m x 0.5 m x 0.5 m aproximadamente ($\sqrt[3]{0.110m^3} = 0.5m$).

Contenedores públicos. Teóricamente por el espacio, no habría necesidad de dividir la capacidad de almacenamiento de cada tipo de residuo en más de 1 contenedor. Sin embargo, para este caso, la localidad debe repartir la capacidad de almacenamiento en dos, debido a que Aldea de los Reyes geográficamente está seccionada por la carretera, por lo cual se requieren tres contenedores públicos para abastecer la población que vive del lado este de la carretera, y otros tres contenedores para la población del oeste de la carretera. Por lo que se recomienda lo siguiente.

Tabla 5.2.7 Número y capacidad de contenedores públicos por tipo de residuos para AdeLR

Tipo de Residuos	Cálculo considerando un factor de seguridad	Capacidad de los contenedores	
		Lado este	Lado oeste
		3 contenedores	3 contenedores
Residuos Orgánicos	$(2700L / 2) \times 1.5 = 2025L$	2025L	2025L
Residuos Inorgánicos	$(2050L / 2) \times 1.5 = 1537.5L \approx 1500L$	1500L	1500L
Residuos Sanitarios	$(250L / 2) \times 1.5 = 187.5L \approx 200L$	200L	200L

c) Seleccionar un contenedor

En este punto los manejadores de residuos deben seleccionar y adquirir los contenedores necesarios para almacenar separadamente sus residuos, y se debe seleccionar una de las dos opciones siguientes o manejar ambas:

1. Diseñar y fabricar su propio contenedor (ver inciso d).
2. Adquirir uno comercial (ver inciso e).

d) Diseñar y fabricar el contenedor

Para el caso concreto de esta aplicación, se desarrollara el diseño del contenedor para residuos orgánicos (de forma cilíndrica), y el de residuos inorgánicos (de forma rectangular), el de residuos sanitarios puede seguir el cálculo similar a cualquiera de los dos anteriores, tomando en cuenta la forma y la capacidad requerida.

Tabla 5.2.8 Diseño de contenedores para AdeLR

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1º	Para el recipiente de residuos orgánicos: $V_{requerido} = \frac{3.14 \times D^2 \times h}{2}$	Si fijamos un diámetro de 0.30m, se puede calcular la altura necesaria del recipiente, despejando h de la ecuación anterior: $h = \frac{2V_{requerido}}{3.14D^2} \rightarrow h = 0.42m$ Se requiere un contenedor cilíndrico de: 30cmx42cm
2º	Para el recipiente de residuos inorgánicos: $V_{requerido} = h \times l \times a$	Si fijamos una altura de 0.30m y una longitud de 0.45m, se puede calcular la angostura de este, despejando a de la ecuación anterior: $a = \frac{V_{requerido}}{hl} \rightarrow a = 0.33m$ Se requiere un contenedor rectangular de: 30cmx20cmx33cm

Si se requieren construir o encontrar contenedores no comerciales con estas dimensiones, aproximadamente, se pueden inclusive seleccionar contenedores cilíndricos de plástico para los orgánicos y sanitarios, y cajas de madera para los inorgánicos (huacales de madera)



e) Seleccionar un contenedor domiciliar y/o público.

Por ejemplo un adecuado contenedor para los residuos sanitarios es el mostrado en la figura siguiente, el cual cumple con todas las preguntas afirmativas de la lista de verificación. Pues su capacidad es de 15L, se desprende la tapa para poder lavarlo fácilmente, es ligero, con la tapa se evita la atracción de fauna nociva, olores desagradables, es de plástico rígido, es estético, de un tamaño accesible para cualquier rincón del cuarto de baño, se puede voltear con facilidad para vaciarlo en el contenedor de la recolección.

Tabla 5.2.9 Contenedor comercial adecuado para AdeLR

Preguntas para seleccionar un Contenedor Comercial adecuado	Si	No
¿Cubrirá el volumen demandado de generación total ($V_{\text{diseño}}$)?	✓	
¿Es fácil de lavar?	✓	
¿Es fácil de maniobrar cuando se deseen retirar los residuos o mover el contenedor?	✓	
¿Está cubierto adecuadamente para evitar olores y fauna nociva?	✓	
¿El material del contenedor es suficientemente resistente a golpes y a ambientes húmedos?	✓	
¿Es suficientemente estético según los gustos del usuario?	✓	
¿Las dimensiones del contenedor son aptas para el sitio que se asignará para su ubicación?	✓	
¿Las dimensiones del contenedor son adecuadas para que el usuario disponga con facilidad sus residuos?	✓	

Generalmente no se escoge un recipiente adecuado para los residuos, pues como es para la "basura", se escoge un recipiente al azar que a la mayoría de las veces no cumple con las especificaciones de capacidad, estética, durabilidad, etc. De aquí la importancia de escoger un recipiente adecuado para el almacenamiento separado de los residuos generados en casa.

5.2.3.1.2 Dar mantenimiento a los Contenedores

Los contenedores adquiridos para almacenar separadamente los residuos deben contar con cierto mantenimiento, inclusive con la minuciosidad del mantenimiento de herramientas de la cocina. Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Disponer los residuos orgánicos, inorgánicos y sanitarios en sus contenedores correspondientes.
- Enjuagar los contenedores de residuos orgánicos y sanitarios. El contenedor de residuos inorgánicos es suficiente sacudirlo con un trapo seco.
- Revisar que los tres contenedores no tengan alguna ruptura o restos de residuos anteriores.

Las dimensiones calculadas de los contenedores de los RSM separados para las casas-habitación de Aldea de los Reyes son de 60, 45 y 5L respectivamente, para un almacenamiento de 7 días. Estos contenedores deben estar colocados en el exterior de las viviendas, para ir almacenando diariamente los RSM contenidos en los pequeños recipientes distribuidos en cada cuarto de la vivienda, generados por los habitantes en el transcurso del día. Los contenedores de residuos orgánicos y sanitarios de 45L y 5L, principalmente, son los que deben estar colocados en el exterior de las viviendas sobre todo por la duración de días de almacenamiento, en la que no es sanitario ni saludable para los habitantes de la vivienda, que estos se conserven en el interior.

5.2.3.1.3 Separar y Almacenar los Residuos

Se requiere respetar la clasificación y separación de los residuos, para almacenarlos en cada contenedor asignado para residuos orgánicos, residuos inorgánicos y residuos sanitarios, respectivamente. Para ello cada miembro de la familia y de la localidad debe contar con la información de la existencia de los contenedores. De igual manera, conviene haber señalamientos en la localidad que indiquen a la población visitante que en Aldea de los Reyes se separan los RSM, para que estos también separen sus residuos generados en la localidad y los coloquen en los contenedores respectivos.

Si en Aldea de los Reyes se mantiene el almacenamiento adecuado, puede cumplir con los tres incisos siguientes, siempre y cuando cuenten con contenedores suficientes y mecanismos necesarios para la comercialización de sus residuos.

- Aprovechar los materiales en casa.
- Comercializar los materiales.
- Disponer los materiales en un contenedor público.



5.2.3.2 Barrido

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de barrido integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.2.1 *Estimar características de los residuos en calles y áreas públicas*

Durante el diagnóstico del manejo actual de los RSM de localidad se puede percibir que los residuos generados en las calles y áreas públicas generalmente son materiales de plástico y papel, así como heces fecales de animales de ganado, animales domésticos y callejeros, pero principalmente residuos de jardín, derivados de la caída natural de hojas de árboles y pinos. Durante el barrido que efectúan los habitantes generalmente se mezclan residuos de jardín y tierra, con los materiales inorgánicos, lo cual agrava la contaminación de ambos tipos de residuos. La cantidad generada por cada calle de la localidad, se debe estimar mediante un estudio de generación específico promedio estimada de RSM dispuestos en las vías públicas.

5.2.3.2.2 *Determinar características de las calles de la localidad*

El tipo de calles que predomina en Aldea de los Reyes es en su mayoría son de terracería, solo algunos tramos de calles son pavimentadas, de las cuales sus longitudes transversales varían entre 2 y 4 m. En época de lluvias son considerablemente dañadas, pues debido a encharcamientos se forman grandes baches. El grado de limpieza de las calles es de Clase C, debido a que se encuentran cúmulos de RSM y polvo en las orillas y equinas de las principales calles.

5.2.3.2.3 *Determinar tipo de barrido: manual y mecánico*

De acuerdo al punto anterior, difícilmente se puede operar una barredora mecánica para brindar el servicio de barrido público en las calles de la localidad. El barrido en Aldea de los Reyes debe ser manual, pues el uso de una barredora mecánica en la localidad levantaría grandes cantidades de tierra y produciría mucho polvo, ocasionando quizá algunos trastornos en pulmones a la población más sensible, como a los niños y adultos mayores.

5.2.3.2.4 *Determinar prestador del servicio de barrido*

El costo que representa la contratación de un prestador del servicio de barrido o barrendero, que sea pagado por el ayuntamiento para que brinde el servicio en el mismo, puede ser puesto a discusión por el Ayuntamiento y por la localidad; sin embargo, hasta la actualidad la población se ha encargado del barrido de sus propias calles y es muy recomendable que se continúe realizando esta actividad, como parte de la responsabilidad de los pobladores. Para hacer más eficiente el sistema de barrido, se propone el siguiente plan de barrido en el que participan la mayoría de las casas de Aldea de los Reyes (ver tabla siguiente).

Tabla 5.2.10 Designación del ejecutor de barrido de las calles para AdeLR

Área por barrer	Frecuencia de barrido	Ejecutor del barrido
Calles principales con casas habitadas	Diariamente	Habitantes que tienen predio en esa calle + Vecino voluntario
Calles principales con casas deshabitadas, lotes baldíos	Cada tercer día	Vecino voluntario
Calles secundarias	Diariamente	Habitantes que tienen predio en esa calle
Plaza cívica (Iglesia)	Cada tercer día	Vecino voluntario

- Los habitantes que tienen predio en determinada calle, deben barrer diariamente el tramo de calle que corresponda a su casa.
- Los vecinos voluntarios, deben tener un horario o día establecido para barrer el tramo de calle de casas deshabitadas o lotes baldíos. Generalmente, esto es motivo de disputas entre los habitantes de una localidad, pero si estos se ponen de acuerdo y se ayudan entre ellos el barrido compartido será mucho más eficiente, propiciando calles más limpias por mayor tiempo.

Nota: Todo vecino tiene la capacidad de denunciar a los habitantes que ensucian las calles de la localidad (habitantes o visitantes), todo vecino debe ser vecino voluntario en algún horario por lo menos 1 vez a la semana, no olvidar que siempre existirán RSM en las calles generados de manera natural o por habitantes/visitantes descuidados. La coordinación del barrido efectuado por los vecinos voluntarios puede ser llevada a cabo por el delegado y jefes de manzana de la localidad.



5.2.3.2.5 *Determinar equipo para el barrido*

Debido a que no se recomienda para esta localidad el uso de barredoras mecánicas, mientras la mayoría de sus calles sean de terracería, el equipo de barrido tanto por los ejecutores de barrido mencionados anteriormente, sean tan sencillos como sea posible: escoba de bara (para no barrer la tierra que es parte del material de las calles y no de los RSM), pica (para levantar residuos muy pequeñitos sin necesidad de hacerlo con la mano directamente), recogedor y 2 costales (para disponer los residuos de jardín y residuos inorgánicos de manera separada). Los residuos barridos pueden ser dispuestos en los contenedores de las propias casas del ejecutor del barrido, o en los contenedores públicos, cuando estos sean colocados por el ayuntamiento o comprados por la misma población.

5.2.3.2.6 *Determinar ruta del barrido*

Como se recomienda que para la localidad el barrido sea manual y ejecutado por los propios habitantes, no es necesario trazar una ruta de barrido, pues ésta se espera que se efectúe de manera simultánea por los habitantes y vecinos voluntarios encargados de barrer en un día determinado su o una calle determinada. Durante las juntas vecinales se puede acordar una sesión para dialogar la eficiencia del sistema de barrido y detectar anomalías en el mismo.

5.2.3.2.7 *Realizar el barrido eficientemente y con separación*

En cada determinado tramo de la calle, el ejecutor del barrido, debe acumular una cantidad suficiente de residuos. En el momento de hacer los montones de residuos, debe separar los residuos inorgánicos, del polvo y tierra, y de los residuos orgánicos. El polvo y tierra pueden esparcirse sobre la calle, pues estas son de terracería. Generalmente los inorgánicos no están tan contaminados y se pueden separar con la propia mano o con una pica (para ello es necesario el uso de los guantes). Los residuos orgánicos deben ser levantados con ayuda de un recogedor, para entrar en contacto lo menor posible con estos, como medida de seguridad. Los residuos barridos deben ser dispuestos separadamente en el contenedor correspondiente, ya sean los propios de las casas-habitación o en los públicos.

5.2.3.2.8 *Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles*

Si la población misma no está convencida de que la limpieza de sus calles, además de mejorar la imagen ambiental de su localidad, también propician un ambiente limpio y sano para sus habitantes, entonces difícilmente se podrá dar continuidad a un barrido eficiente de las calles de la localidad. Durante las juntas vecinales es recomendable que se invite a los pobladores de Aldea de los Reyes a mantener sus calles limpias y a vigilar que los visitantes también lo hagan. Es posible que el delegado y los jefes de manzana, formen un comite para divulgar entre la población, la necesidad de que los vecinos voluntarios barran las calles que no correspondan a sus predios, mediante un mecanismo organizado.

5.2.3.3 **Recolección**

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de recolección integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.3.1 *Escoger el sistema de recolección*

De acuerdo a las características de la población y localidad de Aldea de los Reyes, así como de los recursos materiales y económicos, y su ubicación tan cercana a la Cabecera Municipal, se contesta la guía para escoger el sistema de recolección de la manera siguiente.

Tabla 5.2.11 Selección de sistema de recolección en AdeLR

No.	Preguntas para seleccionar un Sistema de Recolección	Puntuación		
I.	Tipo de Servicio Público o Privado			
1	¿La localidad cuenta con los recursos necesarios para solicitar un servicio de recolección privada?	si	no✓	
2	¿La localidad tiene los medios para solicitar y asegurar el servicio de recolección pública prestada por el municipio?	si✓	no	
II.	Tipo de Método de Recolección			
3	Generación total de residuos a recolectar en el área asignada (a y b) de 100 a 500 kg diario, (c) de 500 a 1 Ton diaria	a✓	b✓	c
4	¿La mayoría de las viviendas generadoras cuentan con un habitante que pueda entregar los residuos en un horario determinado? (a) si, (b y c) no	a✓	b	c



Tabla 5.2.11 (cont.) Selección de sistema de recolección en AdeLR

5	¿La mayoría de las viviendas generadoras no pueden entregar sus residuos personalmente y prefieren dejar sus residuos en un contenedor fuera de sus viviendas? (a y c) no, (b) si	a✓	b	c✓
6	¿Qué tan segura es la zona en donde se puedan dejar los contenedores fuera de las viviendas sin sufrir daños por terceros o fauna nociva? (a y c) insegura, (b) segura	a✓	b	c✓
7	¿La mayoría de las viviendas están dispuestas a colocar sus residuos en un contenedor colocado estratégicamente en el área de recolección? (a y b) no, (c) si	a	b	c✓
8	¿La localidad cuenta con vehículos recolectores en su zona o tiene la capacidad de conseguirlos (compra o manufactura propia)? (a y b) si cuenta, (c) no cuenta	a✓	b✓	c
9	¿La localidad cuenta con contenedores públicos en su zona o tiene la capacidad de conseguirlos (compra o manufactura propia)? (a y b) no cuenta, (c) si cuenta o puede contar con ellos	a	b	c✓

La configuración de respuestas es: I. 1-no, 2-si, II. 5-a's, 2-b's y 4-c's, de la guía de preguntas para seleccionar un Sistema de Recolección del procedimiento, el sistema de recolección requerido puede configurarse de un sistema público de recolección con dos métodos de recolección, el de parada fija y/o el de contenedores, si se usan los dos, se pueden complementar mutuamente.

Para abastecer el sistema de público de recolección, se debe solicitar al Ayuntamiento que el sistema de recolección sea frecuente, por lo menos de 1 vez por semana con el método de parada fija y de 1 vez por semana para la recolección de los contenedores. La recolección debe ser separada para los residuos inorgánicos reciclables y los residuos inorgánicos no reciclables. Al realizar composta casera en cada casa-habitación o a nivel local, ya no es necesaria la recolección de residuos orgánicos por parte del ayuntamiento, a excepción de materiales más grandes, e inclusive como animales muertos, los cuales deben ser dispuestos en celdas especiales en el sitio de disposición del municipio.

5.2.3.3.2 Calcular las dimensiones del vehículo recolector

Para ver si el vehículo recolector con que cuenta esta localidad es suficiente, se realizan los cálculos sugeridos en el procedimiento:

Tabla 5.2.12 Dimensiones del vehículo recolector necesario para AdeLR

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$P_{servir} = A_{servir} \times \rho_{media}$	424hab
2°	$G_{Total} = G_{media} \times P_{servir}$	$(0.430kg / hab \cdot día) \times (424hab) = 182.32kg / día$
3°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$182.32kg / día / 210kg / m^3 = 0.868m^3 / día$
4°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.868m^3 / día) \times (3.5días) = 3.038m^3$
5°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(3.038m^3) \times (1.5) = 4.557m^3$

Por lo que para una población de 424 habitantes con una frecuencia de recolección de 3.5 días a la semana (2 veces por semana), es suficiente un vehículo recolector de 5 m³ de capacidad, para trasladar los residuos inorgánicos (aprovechables y no aprovechables). Se debe considerar que si se usan los dos métodos de recolección aptos para la localidad de manera alterna, es necesario que el servicio lo den dos vehículos de manera alterna, pues si es el mismo, entonces la recolección será de 2 veces a la semana, 1 día con el método de parada fija y 2 días de recolección de contenedores.

5.2.3.3.3 Asignar el personal para prestar el servicio de recolección

Como se trata de un vehículo de capacidad pequeña, sería suficiente con que el mismo conductor del vehículo sea el que reciba los residuos entregados por los generadores. Sin embargo, seguramente el vehículo recolector proporcionado por el Ayuntamiento, será el mismo para la recolección de varias localidades, incluyendo la cabecera municipal, y al ser mayor cantidad de RSM y casas por recolectar, entonces se requerirá de uno o dos ayudantes. La capacitación sugerida debe ser tomada en cuenta para que el operador esté consiente del servicio que proporciona, que opere adecuadamente la unidad y haga el servicio de manera responsable.



5.2.3.3.4 Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores

La mayoría de los recicladores prefieren recibir el material que reciclen con la mínima cantidad de contaminantes (otros residuos). E inclusive lo compran a mayor precio si éste ha recibido un acondicionamiento adecuado (ver tabla de Especificaciones de compra en Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje). Sin embargo, el factor que determina si los recicladores se hacen cargo de la recolección y transporte de los residuos separados, es la cantidad (1 Ton aproximadamente). Por lo cual mientras no exista un Centro de Acopio en el municipio (en la cabecera municipal, por lo menos), los RSM de Aldea de los Reyes no puede convenir el transporte con Empresas recicladoras grandes. Por lo que deben convenir con pequeños recicladores, quienes normalmente ellos son los que recolectan los RSM de varias localidades, e inclusive en la pepenación directa del sitio de disposición final o quienes en su comercio (tiendas de materiales o abarrotes) fungen de centro de acopio a pequeña escala.

Cabe mencionar que en el actual sitio de disposición final de Amecameca, existe un inmueble que tiene toda la capacidad de ser un Centro de acopio, pero que requiere una adecuada administración para que se agilice la comercialización de los materiales.

5.2.3.3.5 Diseñar las rutas de recolección

Con una sola ruta de recolección es viable dar servicio a todas las viviendas de la localidad, cuando se opere con el método de parada fija. Sin embargo, con el método de recolección de contenedores, si estos están dispuestos en sitios muy céntricos para cada lado de la localidad y en vías en las cuales los vehículos recolectores puedan acceder sin problemas que retrasen su tiempo y maniobrabilidad de los contenedores, se reducirá el costo de transporte en comparación con el método de parada fija, pues serán menos puntos de recolección. La ruta diseñada para la recolección de cada uno de los contenedores, se debe realizar en dos días, uno para recolectar los residuos inorgánicos reciclables y otro para recolectar los residuos inorgánicos no reciclables y sanitarios. Los residuos orgánicos pueden no ser recolectados si estos son tratados en la propia localidad, a nivel domiciliario o local.

5.2.3.3.6 Recolectar los residuos de acuerdo al sistema

El sistema de recolección más apropiado para Aldea de los Reyes se propone que sea aplicado en dos etapas.

1ª etapa. Recolección de residuos con el método de parada fija, en la cual se recolecte 1 vez por semana los residuos inorgánicos sin considerar si son o no aprovechables, pues en la actualidad no existe un centro de acopio en el municipio que funja regularmente. No se recolectarán residuos orgánicos, pues es factible que los propios habitantes elaboren con estos composta a nivel domiciliario, mientras no se cuente con una planta de composta a nivel local.

2ª etapa. Recolección de residuos con el método de parada fija y/o contenedores, en donde se espera que la localidad se haya provisto de contenedores para el acopio separado de residuos inorgánicos aprovechables y no aprovechables. 2 veces por semana el vehículo tendrá que ir a la localidad, 1 día por los aprovechables y otro día por los no aprovechables. Puede destinarse un tercer contenedor público para almacenar los residuos orgánicos que se deseen procesar a nivel local, siempre y cuando ya se cuente con una planta de composta a nivel local.

5.2.3.3.7 Llevar los residuos a su destino próximo

El servicio de recolección proporcionado por personal del Ayuntamiento será el encargado de recolectar los residuos inorgánicos, desechados por la población, que ya no pueda reusar y reciclar más, de acuerdo a la ruta de recolección de diseño. En la 1ª etapa, estos deben ser llevados al sitio de disposición final. En la 2ª etapa, los residuos inorgánicos aprovechables deben ser llevados al centro de acopio del municipio y al sitio de disposición final, respectivamente. Es una ventaja que dentro del predio del sitio de disposición del municipio se encuentre el centro de acopio del mismo, por lo que los costos de transporte por la recolección no serán tan elevados.

5.2.3.3.8 Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos

Al contar con las dimensiones de las cajas de los vehículos recolectores, y en su momento, de los contenedores, se podrá estimar el volumen manejado de RSM para su aprovechamiento y disposición final. Datos más precisos se pueden obtener en el momento del pesaje de los materiales para su comercialización (con y sin centro de acopio) para el caso de los residuos inorgánicos aprovechables, y en la planta de composta para los residuos orgánicos. Es importante llevar un inventario de los residuos manejados durante la recolección, para monitorear la generación de la población y la eficiencia del sistema de manejo integral de los RSM de Aldea de los Reyes.



5.2.3.4 Reuso y Reciclaje

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de reuso y reciclaje integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.4.1 Seleccionar y clasificar los materiales aprovechables

1. Realizar el inventario de los materiales aprovechables generados en la localidad.

En el inventario elaborado para Aldea los Reyes, mostrado en la tabla 5.13, se encontró que no todos los RSM pueden ser aprovechables: reusados o reciclados en casa o comercializados para su uso y reuso, por lo cual de la siguiente lista se tachan los subproductos que no pueden ser aprovechables, seleccionando minuciosamente los potencialmente reciclables y de los cuales se determina que representan el 86.15% en peso de los RSM generados en Aldea de los Reyes. Es decir, que de los 964.5 kg/mes generados en la localidad, 895.35kg pueden ser aprovechables.

Tabla 5.2.13 Inventario de subproductos generados y reciclables en AdeLR

Residuos	Subproducto	Generados	Generados	Reciclables	
		kg/día	%	%	kg/mes
R. Orgánicos	R. Alimentos	16.385	50.964	50.960	491.550
	R. Jardín	1.091	3.393	3.390	32.730
R. Inorgánicos	Hule	0.020	0.062	-	-
	Metales	0.963	2.995	3.000	28.890
	Aluminio	0.556	1.729	1.730	16.680
	Lata	0.280	0.871	0.870	8.400
	Metales no ferrosos	0.127	0.395	0.400	3.810
	Plásticos	4.196	13.051	6.480	125.880
	Plástico duro (PE y PVC)	1.239	3.854	3.850	37.170
	Plástico alumnizado	0.085	0.264	-	-
	Plástico ligero (varios)	1.889	5.876	-	-
	Unicel	0.137	0.426	-	-
	Plástico PET	0.846	2.631	2.630	25.380
	Papel y Cartón	4.250	13.219	13.110	127.500
	Periódico	0.126	0.392	0.390	3.780
	Papel	2.708	8.423	8.420	81.240
	Papel encerado	0.033	0.103	-	-
	Cartón	1.383	4.302	4.300	41.490
	Multicapas	0.290	0.902	0.900	8.700
Textiles (Fibras)	1.128	3.509	3.510	33.840	
	Varios	2.379	7.400	-	-
	Cuero	0.166	0.516	-	-
	Madera	0.183	0.569	-	-
	Fines	0.028	0.087	-	-
	Barro	0.323	1.005	-	-
	Otros	0.137	0.426	-	-
	Vidrio	1.542	4.796	4.800	46.260
R. Sanitarios	R. Sanitarios	1.448	4.504	-	-
Total		32.150	100.000	86.150	895.350

Nota: Se tachó de la lista de subproductos generados, los materiales no aprovechable.

- Investigar los costos unitarios actuales de los materiales aprovechables.

La investigación de los precios unitarios, y su correspondiente ganancia potencial mensual, de los subproductos generados en Aldea de los Reyes, se muestran en la siguiente tabla 5.2.14, la cual se elaboró con los datos obtenidos del Anexo 2 del documento "Precios de los Materiales Recuperados a través de la Pepena" elaborado por Thesis Consultores para el INE. En la cual los costos unitarios señalados con ^a y ^b son los precios obtenidos de pepenadores, centros de acopio, recolectores y recicladores entre 1994-2001 y el 2002, respectivamente. Los señalados con ^c muestran el precio obtenido en centro de acopio de Ecatepec, Edo. Mex. el 2002 (Thesis Consultores, 2002). Los subproductos marcados NC, significa que se encontró que no son comerciables, pero que su ganancia potencial se verá reflejada en la reducción del envío de residuos al disposición final y en la producción de abono orgánico casero, o usado como combustible, que puede ser aprovechado por la localidad. El valor con ND significa que no está disponible, pues su información no fue posible conseguir.

Tabla 5.2.14 Inventario de subproductos generados y reciclables en AdelR

Residuos	Subproducto Aprovechables	Reciclables		Costo unitario	Ganancia Potencial
		%	kg/mes	\$/kg	\$/mes
R. Orgánicos	R. Alimentos	50.96	491.55	NC	Abono orgánico casero
	R. Jardín	3.39	32.73	NC	Abono orgánico casero
R. Inorgánicos	Metales	3.00	28.89	0.20 a 9.50 ^a	6 – 274.46
	Aluminio	1.73	16.68	2.10 a 9.50 ^a 5.5 ^b	35.03 a 158.46
	Lata (hojalata)	0.87	8.40	0.20 a 0.80 ^a 2.20 ^b	1.68 a 18.48
	Metales no ferrosos	0.40	3.81	0.40 a 1.00 ^a 2.00 a 7.00 ^b	1.52 a 26.67
	Plásticos	6.48	62.55	1.00	62.55
	Plástico duro (PE y PVC)	3.85	37.17	0.50	18.58
	Plástico PET	2.63	25.38	0.50 ^a	12.69
	Papel y Cartón	13.11	126.51	0.10 a 1.00	12.65 a 126.51
	Periódico	0.39	3.78	0.10 a 0.30 ^c	0.38 a 1.13
	Papel	8.42	81.24	0.25 a 0.40 ^a 0.75 ^b	20.31 a 60.93
	Cartón	4.30	41.49	0.20 a 1.00 ^a 0.48 ^b	8.30 a 41.49
	Multicapas	0.900	8.700	ND	ND
	Textiles (Fibras)	3.510	33.840	NC	Combustible
Vidrio	4.800	46.260	0.10 a 0.55 ^a	4.63 a 25.44	
Total		86.150	895.350	0.10 a 9.5	488.96

Son materiales reciclables comerciables: Plásticos (PET, PEAD, PEBD y PP), Metales, Vidrio, Papel y Cartón. En la tabla anterior se observa que la comercialización mas redituable se concentra entre los materiales metálicos (hasta 274.46 \$/mes sin incluir los costos de transporte), Papel y Cartón (hasta 126.51 \$/mes), y principalmente el aluminio de los metales (158.46 \$/mes). Del plástico PET y PE, se pueden recuperar 62.55 \$/mes y de vidrio solo se pueden obtener hasta 25.5 \$/mes. Los residuos de alimentos y jardín se pueden "donar" para la producción de abono orgánico (composta), los textiles pueden servir de combustible y el multicapas puede ser acopiado y redituable vender en centros de acopio específicos, pero no se consiguió dato de su costo unitario, aunque se sabe que la empresa Multicapas, trabaja con los municipios que lo acopian en cantidades considerables y condiciones aceptables (TETRAPAK®, 2006).

5.2.3.4.2 Asignar la forma de reuso/reciclaje

Los materiales aprovechables resultaron ser el 86.15% del peso total de los RSM generados en Aldea de los Reyes. Se observa que el reuso de ciertos materiales metálicos, plásticos, de papel, de cartón y de vidrio, puede ser muy escaso a nivel domiciliilar, pero a nivel local pueden contribuir a la formación de más materias primas. El material de residuos orgánicos se puede reciclar, tanto a nivel domiciliilar como a local,



transformando la materia orgánica en composta (abono orgánico). A continuación se asigna la siguiente forma de reuso y reciclaje, ya sea tanto a nivel local como a nivel domiciliar (casa-habitación) para cada material identificado como aprovechable en la localidad.

Tabla 5.2.15 Asignación de forma de reuso y reciclaje de RSM aprovechables en AdeLR, Akumal y La Quebradora

Residuos	Subproducto Aprovechables	Nivel	Asignación de:	
			Reuso	Reciclaje
R. Orgánicos	R. Alimentos	Domiciliar Local	-	Abono orgánico
	R. Jardín	Domiciliar Local	-	Abono orgánico
R. Inorgánicos	Metales	Local		
	Aluminio		-	Materia prima
	Lata (hojalata)		-	Materia prima
	Metales no ferrosos		-	Materia prima
	Plásticos			
	Plástico duro (PE, PVC,PP, etc.)		-	Materia prima
	Plástico PET		-	Materia prima
	Papel y Cartón			
	Periódico		-	Materia prima
	Papel		-	Materia prima
	Cartón		-	Materia prima
	Multicapas	Domiciliar	Material de construcción	Materias primas
	Textiles (Fibras)	Domiciliar	-	Combustible
Vidrio	Local	-	Materia prima	

5.2.3.4.3 Acondicionar los materiales

Los materiales que se pueden aprovechar en casa o mediante su comercialización, para reuso y/o reciclaje se pueden acondicionar en la propia fuente de generación o en el Centro de Acopio del municipio.

1. En la propia fuente de generación.

Si los habitantes de la localidad desean aprovechar al máximo la vida útil de sus residuos generados en la propia casa, como principal fuente de generación de RSM, o entregarlos a los recolectores en las mejores condiciones posibles, pueden dar cierto acondicionamiento a los materiales para poder usarlos o reciclarlos higiénicamente [ver la Tabla de cómo acondicionar materiales en la propia casa-habitación].

2. En el Centro de Acopio.

Por la cantidad de residuos, potencialmente reciclables y comerciables, generados en la localidad no es viable la construcción de un Centro de Acopio de grandes dimensiones, pues los costos serían muy elevados y difícilmente sostenibles por la población. Si en la Cabecera municipal se ubicara un Centro de acopio, por su cercanía en distancia, Aldea de los Reyes puede aportar con 895.35 kg/mes de materiales reciclables ocupando un volumen aproximado de 188.023 L. Al disponer separadamente los residuos en los contenedores correspondientes a su tipo, la localidad puede prescindir del centro de acopio, quedando la responsabilidad de almacenamiento separado en gran escala, a los recicladores o al propio municipio.

5.2.3.4.4 Seleccionar la vía de comercialización

De acuerdo a la matriz para la selección de la vía de comercialización y a las características de la localidad, los residuos reciclables comerciales pueden tener las siguientes vías de comercialización en Aldea de los Reyes.



- Comunidad – Municipio: todos los RSM generados en la localidad pueden enviarse al Centro de acopio o Planta de composta del Municipio, y será el Ayuntamiento quien corra con los gastos de recolección, y quien reciba las remuneraciones por la venta a los recicladores.
- Comunidad – Empresa Recicladora: todos los RSM generados en la localidad pueden enviarse al Centro de acopio o Planta de composta de la Empresa Recicladora, y será el Reciclador quien corra con los gastos de recolección, y quien reciba las remuneraciones por la venta a los recicladores.
- Comunidad – Comunidad: solo en el caso de los residuos orgánicos, para la realización de pilas de composta a nivel local, debido a que en su mayoría de los habitantes tienen tierras de cultivo. El caso recomendado de comercialización es: por cada contenedor de residuos orgánicos aportados, se entregará una bolsa de composta, por ejemplo.

Difícilmente en Aldea de los Reyes un solo habitante (o familia) puede obtener cantidades considerables de todos los materiales reciclables acopiados en la localidad, a menos que este funja como un intermediario o empresa recicladora de RSM generados recolectados en varias localidades.

5.2.3.4.5 Comercializar los materiales reciclables

Los materiales reciclables que se tienen que comercializar para su aprovechamiento requieren del contacto con empresas recicladoras o pequeños recicladores y del negocio del precio de los materiales a vender.

1. Contactar a las empresas recicladoras o pequeños recicladores.

Debido a que Aldea de los Reyes se encuentra localizada en el Municipio de Amecameca, al sur del Estado de México, se requiere hacer la investigación de empresas recicladoras tanto en la Cabecera municipal de Amecameca de Juárez como en los siguientes municipios y estados más cercanos.

Tabla 5.2.16 Localidades factibles para comercializar los materiales aprovechables de AdeLR

Colindancia	Municipio o Delegación	Estado
Norte	Tlamanalco Chalco	Edo.Mex. Edo.Mex.
Oeste	Xochimilco Juchitepec	D.F. Edo.Mex.
Sur	Cuautla	Morelos
Este	Puebla Tlaxcala	Puebla Tlaxcala

2. Negociar el precio de los materiales a vender.

En realidad las ganancias en Aldea de los Reyes ascenderían a 488.96 \$/mes del total de residuos inorgánicos reciclables, tales como metales, papel y cartón, plástico y vidrio; por lo cual conviene que la localidad de Aldea de los Reyes se asocie con localidades vecinas y de la cabecera municipal, para poder sumar sus subproductos comerciables. Generalmente el reciclador corre con los gastos del transporte de los residuos, cuando son cargas de 0.5 a 1 Ton.

5.2.3.5 Transporte y Transferencia

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento del transporte y transferencia integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.5.1 Determinar la conveniencia de la estación de transferencia

Aldea de los Reyes cuenta con el servicio de recolección de RSM, actualmente ofrecido por el personal del ayuntamiento en un vehículo motorizado. Como ya se sabe esta localidad se encuentra ubicada a 1.5 km de la entrada de la cabecera municipal, sin embargo el recorrido que tiene que hacer el vehículo de recolección desde el punto más alejado de la localidad al sitio de recolección es de entre 9.5 km y de 8.5 km rodeando y atravesando la cabecera municipal. De acuerdo a la Tabla 4.6.1 de Relación de distancias y tiempos, con respecto a las velocidades



de vehículos recolectores del Capítulo IV [ver Transferencia del SMIRSM], no hay necesidad de disponer de una estación de transferencia para sitios en donde no se recorren más de 15 km del sitio de recolección al sitio de disposición final.

Suponiendo que Aldea de los Reyes fuera la única localidad a la que el vehículo recolector le diera servicio y al final de la recolección de RSM en la localidad se dirige directamente al sitio de disposición y centro de acopio (ubicados en el mismo terreno), entonces el tiempo de recorrido sería el siguiente:

$$t = \frac{9.5\text{km}}{40\text{km/h}} = 0.237\text{h} = 14 \text{ min}$$

Tomando en cuenta que el tiempo de recorrido también se ve afectado por el tráfico y por las otras localidades a las que también debe dar servicio el vehículo de recolección del ayuntamiento, no se recomienda una estación de transferencia en un radio menor a 15km del relleno sanitario municipal. Ni aún el punto más alejado del área de alta productividad del relleno sanitario es mayor a los 15km.

Por lo tanto **No Aplican** los Puntos de Siguietes: *Escoger el sistema de transferencia, seleccionar o diseñar la estación de transferencia, determinar las actividades de operación en la estación de transferencia, diseñar las rutas de transferencia, asignar el personal para prestar el servicio de transferencia, transferir los residuos a su destino próximo, realizar el inventario de residuos transferidos.*

5.2.3.6 Tratamiento

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento del tratamiento integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.6.1 Seleccionar el tipo de Tratamiento

De acuerdo a las características de la localidad, rural en su mayoría, en principio por ser propiedad ejidal en su totalidad y en segunda por que sus principales actividades económicas a desarrollar en la propia localidad son la forestal (silvicultura) y la agricultura, el tratamiento que puede desarrollar la población a nivel local y a nivel domiciliar es el tratamiento biológico de los residuos orgánicos, mediante compostaje.

Tabla 5.2.17 Tratamientos seleccionados para aprovechar RSM en AdeLR

Tipo de Residuos	Tratamiento	Proceso
Residuos Orgánicos	Composta a nivel domiciliar	Ver Anexo V
Residuos Orgánicos	Composta a nivel local	Ver Anexo VI

Por las cantidades de materiales inorgánicos generados en la localidad, no sería rentable la producción de materia prima a partir del tratamiento de estos, por lo cual conviene que estos sean acopiados y tratados por una empresa recicladora, que completa las cantidades de materiales para su producción, con el acopio de RSM generados en varias localidades e inclusive municipios y estados.

Si en la localidad se gestiona un mercado de reciclaje de materiales inorgánicos, se deben acopiar generosas cantidades de otras localidades vecinas, para el tratamiento de vidrio, metal, papel y cartón, para la elaboración de productos artesanales principalmente.

Si en el municipio se gestiona un mercado de reciclaje de vidrio, metal, plástico, textiles, multicapas, papel y cartón, se deben acopiar generosas cantidades dentro del municipio, para el tratamiento de estos, con tecnología avanzada.

5.2.3.6.2 Disponer de un área de almacenamiento

El volumen requerido para almacenar los 122.5 kg de residuos orgánicos generados en una semana es de 60 L, sin embargo, un contenedor de estas dimensiones solo está diseñado para ser recolectado en 7 días o almacenar los residuos antes de colocarlos en los composteros caseros (contenedores para elaborar la composta) o pilas de composta locales. Por lo cual, no será suficiente si se requiere como almacenamiento de la materia para la producción de composta, ya que este proceso tarda aproximadamente de 4 semanas a 3 meses.

La composta a nivel domiciliar y local requiere de la siguiente capacidad de almacenamiento, mostrada en la Tabla 5.2.18, para brindar tratamiento a los 17.5 kg/día (0.236 kg/hab-día) generados de residuos orgánicos por la población.



Tabla 5.2.18 Capacidad de almacenamiento para compostaje en AdeLR

Tratamiento	Frecuencia	Cantidad de Residuos Orgánicos a procesar	Capacidad de almacenamiento (contenedores o terreno)
Composta domiciliar (5 habitantes)	1 mes	35.4 kg	0.168 m ³
	3 meses	106.2 kg	0.506 m ³
Composta local (425 habitantes)	1 mes	525 kg	2.5 m ³
	3 meses	1,575 kg	7.5 m ³

Nota: Considerando un peso volumétrico general de 210 kg/m³.

5.2.3.6.3 Realizar la separación del material a procesar

Los residuos orgánicos deben ser separados de cualquier material contaminante, debido a que estos desaceleran el proceso de biodegradación por los microorganismos o lombrices.

5.2.3.6.4 Acondicionar los materiales

La materia orgánica a procesar para la elaboración de composta como abono orgánico, solo debe ser almacenada por dos o tres días en el contenedor (colocado en las casas-habitación o contenedor público), para que la materia ya iniciada en el proceso de descomposición esté lista para introducirse en el compostero o pilas de composta. Los residuos tratados como se describe en los Anexos V y VI, para elaboración de composta casera o local, deben ser: triturados (cuando estos sean muy voluminosos, tales como ramas, trozos de carne y hueso) antes de ser almacenados, y deben ser humedecidos y aireados, durante el almacenamiento, para que los microorganismos puedan vivir y transformar los residuos orgánicos en composta.

5.2.3.6.5 Realizar el tratamiento y obtener producto final

El tratamiento biológico efectuado a los residuos orgánicos, de origen alimenticio o de jardín, para la elaboración de abono orgánico se debe efectuar de acuerdo a los procedimientos descritos en los Anexos V y VI, correspondientes a la elaboración de composta casera y local. El producto final debe ser una tierra húmeda con olor agradable, que puede ser utilizada como abono orgánico para las tierras de cultivo.

5.2.3.6.6 Canalizar el producto final acondicionado o transformado

El producto obtenido, composta o abono orgánico, mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, así como la actividad biológica del mismo, ya que la población microbiana es un indicador de fertilidad del suelo. La composta madura y estabilizada, puede ser dispuesta como tierra en los jardines de los predios de las casas-habitación, así como en las tierras de cultivo. La comercialización de este producto, elaborado a nivel local, puede resultar benéfica para sostener los gastos de operación y mantenimiento, que se derivan de la elaboración de composta a nivel local.

La supervisión de la producción de composta a nivel local, puede ser llevada a cabo por el delegado y jefes de manzana, quienes tienen las capacidades y medios para convocar a la comunidad de Aldea de los Reyes, para seleccionar un grupo de habitantes para coordinar y ejecutar la producción de las pilas de composta, para producir un material benéfico para sus tierras agrícolas y evitar enviarlos a disposición final.

5.2.3.7 Disposición Final

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de almacenamiento integral del SMIRSM para PL.

5.2.3.7.1 Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento.

La norma vigente en el país, para el cumplimiento de la construcción y operatividad de un relleno sanitario para la disposición final de los RSM es la NOM-083-SEMARNAT-2003. Por lo cual se hace una verificación de cumplimientos e incumplimientos al Relleno Sanitario del Municipio de Amecameca (Ver Anexo VII de Lista de Verificación de Cumplimiento de Rellenos Sanitarios), sitio en el que se disponen también los residuos generados y desechados por la localidad de Aldea de los Reyes.

El sitio de disposición puede mejorar, para su cumplimiento total con la normatividad, considerando que es un relleno sanitario mecanizado de categoría C, en los puntos 7.2, 7.7, 7.11. y 7.12 de la NOM-083-SEMARNAT-2003, referentes a:



- Garantizar la extracción, captación, conducción y control del biogás, por lo menos mediante la quema de éste (con pozos o red de quemadores centrales).
- Controlar la dispersión de materiales ligeros, fauna nociva e infiltración pluvial, con la cubierta en forma continua y dentro de un lapso máximo de 24 hrs. posterior al depósito de los RSM.
- Asegurar la adecuada operación del sitio, contando con un programa que incluya la medición y control de los impactos ambientales, un programa de monitoreo ambiental de dichos sitios y conservar y mantener los registros correspondientes al monitoreo de biogás y lixiviado.
- Tomar medidas para evitar la separación de residuos en el sitio (actividad de pepenación) o de lo contrario que tal actividad se desarrolle sin afectar el cumplimiento de las especificaciones de operación contenidas en la presente Norma, ni significar un riesgo para las personas que la realicen.

5.2.3.7.2 Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.

No aplica, debido a que el sitio actual cuenta con los requerimientos necesarios para operar como un relleno sanitario mecanizado, de categoría C, en la cual se pueden disponer diariamente menos de 50 Ton de RSM. Es un sitio prácticamente nuevo, pues inició a operar el 5 de junio del 2003 (teóricamente la 1ª celda de diseño debió ser cerrada en enero del 2006 y puesta en operación una 2ª celda).

5.2.3.7.3 Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno).

No aplica

5.2.3.7.4 Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias.

No aplica construir un relleno sanitario.

Sin embargo, en el actual relleno sanitario es recomendable habilitar la caseta de vigilancia y el inmueble construido en su interior, que actualmente funge como bodega para materiales acopiados por los pepenadores. Dicha caseta de vigilancia y bodega pueden contemplar la construcción de un área de servicio para los trabajadores del relleno sanitario y operadores de los camiones recolectores. Se sugiere impulsar un proyecto en el Ayuntamiento con apoyo de la población, para habilitar el Centro de Acopio municipal en el inmueble mencionado, su ubicación dentro del terreno del relleno sanitario, reduciría los costos de transporte y transferencia de los RSM.

5.2.3.7.5 Seleccionar y adquirir el equipo de operación.

No aplica.

5.2.3.7.6 Seleccionar, contratar y capacitar personal.

Se requiere que el personal designado por el Ayuntamiento para supervisar, administrar, operar y vigilar el relleno sanitario actual, tenga capacitación continua sobre las actividades propias a desarrollar en el sitio, y sobre todo que sea apoyado de manera prioritaria para contar con las herramientas y materiales necesarios para remover, compactar y cubrir los residuos diariamente. La capacitación del personal que labore en el sitio es de vital importancia para desarrollar el confinamiento de los RSM eficientemente. La operación del Centro de Acopio ubicado dentro de las mismas instalaciones del sitio de disposición, requiere de personal independiente a las actividades del relleno sanitario, para operar las actividades de: recepción de materiales reciclables para el acopio, acondicionamiento de los materiales, autorización para su venta, etc.

El personal de vigilancia ubicado en la caseta de vigilancia puede ser compartido, debido a que tanto el relleno como el centro de acopio se encuentran característicamente en el mismo terreno y cuentan con el mismo acceso a éste.

5.2.3.7.7 Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud.

Es importante que el relleno sanitario habilite el monitoreo de biogás, lixiviados y drenaje pluvial; así como controle el acceso de perros y gatos en busca de alimento, los cuales además de ser posibles vectores de enfermedades, al igual que aves de rapiña y roedores, tristemente son aplastados por las maniobras de los vehículos recolectores, cuyos cadáveres también son dispuestos junto con los demás RSM a enterrar. De igual importancia es controlar la actividad de pepenación en las propias celdas en operación; si bien los pepenadores encuentran una fuente de ingreso económico, esta actividad debe ser realizada en las mejores condiciones de salud e higiene (en algunas entidades se ha invitado a los pepenadores de un sitio a operar las plantas de selección o centros de acopio de la localidad, elevando sus condiciones de vida dignificando su labor).

5.2.3.7.8 Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño.

El Ayuntamiento tiene conocimiento de que el actual sitio para la disposición final de los RSM de la población del municipio, incluyendo los generados en la localidad de Amecameca, tiene un tiempo de vida útil de 10 años de diseño (2.5 para cada una de las 4 celdas de diseño). Sin embargo este puede prolongarse en la medida en que se disminuyan la cantidad de RSM no aprovechables dispuestos en cada celda.

Después del término de la capacidad máxima (de diseño) el sitio debe ser cerrado de acuerdo a los procedimientos establecidos y dar el uso final que se pensó durante el diseño del sitio. De no contar con uno, se debe realizar un proyecto que evalúe el uso mas adecuado de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo Urbano del periodo correspondiente al cierre del nuevo sitio.

5.3 APLICACIÓN PARA AKUMAL, QUINTANA ROO

A continuación se presenta la aplicación del SMIRSM para la pequeña localidad de Akumal.

5.3.1 Descripción de la población

Localización: Akumal es una de las 9 subdelegaciones del Municipio de Solidaridad. Solidaridad está formado por 1 cabecera municipal, Playa del Carmen, 6 delegaciones, siendo Tulum la más grande, y 9 subdelegaciones, y con sus 4,246 km² de extensión superficial forma el 8.35% del Estado de Quintana Roo. Esta subdelegación forma parte de la Riviera Maya, la cual es de gran importancia ecológica y turística por sus características aguas azul turquesa, playas de arena blanca y por ser la segunda barrera de arrecifes coralinos más grande del mundo. Akumal se encuentra ubicada en la carretera federal Playa del Carmen-Tulum, a 37 km de Playa de Carmen y 26 km de Tulum. Característicamente, la localidad se encuentra dividida en varios poblados como Akumal pueblo, Akumal norte, Akumal sur, Oasis Akumal y Aventuras Akumal (Solidaridad, 2006).

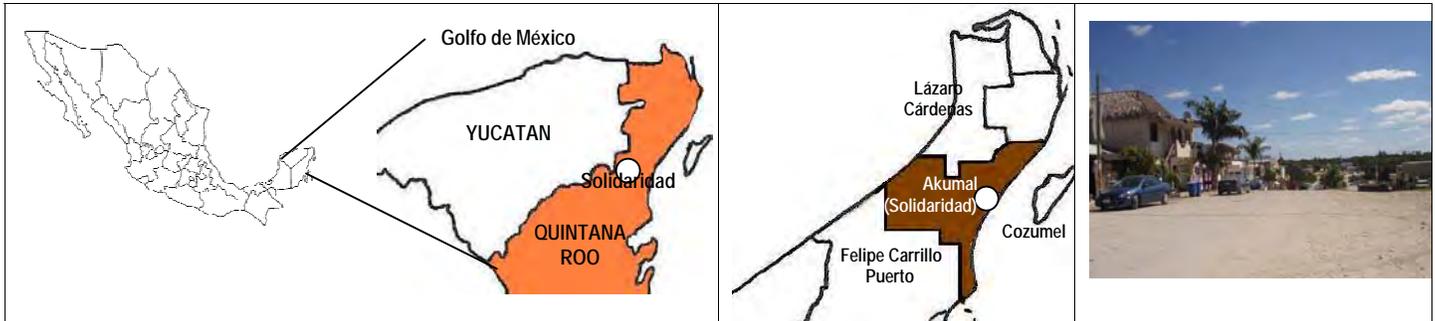


Fig. 5.3.1 Ubicación de Solidaridad

Fig. 5.3.2 Colindancias de Akumal y Panorámica Akumal Pueblo

(Figuras adaptadas de los mapas de la localidad proporcionados en la página web del INEGI y del Estado de Quintana Roo)

Cabe mencionar que el municipio de Solidaridad se encuentra dividido en el sector costero y en el sector rural, los cuales cada uno a su vez pertenece, respectivamente, a dos de las tres regiones del estado, a la región del Caribe norte y a la región Maya. Akumal se encuentra ubicado en el sector costero de Solidaridad.

Actividad económica: La principal actividad económica del sector costero de Solidaridad, por tanto de Akumal, es el turismo, seguido del comercio; juntos como sector terciario representan el 75% de las actividades económicas en la población. El sector primario (agricultura, ganadería, caza y pesca) como actividades económicas representa un 25% y el sector secundario (industria manufacturera, construcción, electricidad) apenas se constituye el 2%. En la propia localidad existen tiendas de abarrotes, papelerías, farmacias, venta de artesanías, restaurantes y principalmente hoteles.

Factores Sociales: La población fija de Akumal en el Censo poblacional del 2000 se estimó de 1,088 habitantes, de aproximadamente 266 viviendas habitadas, una población económicamente activa de 532 personas y una población analfabeta de 625 habitantes (INEGI, 2006). La



clase socioeconómica predominante, es la media alta. La mayoría de las viviendas del área urbana son unifamiliares con paredes de piedra y techo de losa o de cartón; en las áreas rurales las viviendas son de paredes de materiales perecederos como madera o bajareque con techo de huano. Cuentan con servicios públicos de agua potable, luz y drenaje. Las calles de Akumal en su mayoría son de tierra compactada, no pavimentadas y suficientemente amplias para que transiten vehículos en dos sentidos; la topografía de esta localidad es plana, las máximas elevaciones son inferiores a los 25 metros sobre el nivel del mar, sin embargo si existen algunos baches grandes en algunas zonas, debido a la lluvia y al material de las calles. El clima típicamente es cálido subhúmedo con lluvias en el verano de mayor humedad. El mayor riesgo de la zona son los ciclones predominantes en verano (Solidaridad, 2006).

Situación Política: El municipio para su gobierno, organización y administración interna, se divide en 6 delegaciones, 9 subdelegaciones y la cabecera municipal; Akumal es una subdelegación del sector costero de Solidaridad. Las delegaciones y subdelegaciones municipales son órganos desconcentrados de la administración municipal y dependen del Presidente Municipal, cuyas principales funciones se refieren a hacer cumplir las disposiciones del Ayuntamiento, vigilar el orden público, actuar como oficial del Registro Civil, promover el establecimiento de servicios públicos y auxiliar a las autoridades federales. Son autoridades auxiliares del municipio, los delegados y subdelegados, los cuales son elegidos en forma directa en asambleas de vecinos de las comunidades correspondientes y los cuales, duran en el cargo tres años. Sus funciones son ejercer, en las respectivas jurisdicciones, las atribuciones que les delegue el ayuntamiento, para mantener el orden, la tranquilidad, la paz social, la seguridad y la protección de los vecinos, conforme a lo establecido en los reglamentos respectivos (CNDM-GEQR, 2001).

Situación Cultural: Akumal es un centro turístico pionero en el buceo submarino realizado en los arrecifes coralinos situados a corta distancia, cuenta con marina, hotel, zona residencial, un museo con artículos rescatados de galeones españoles del tiempo de la colonia y todos los servicios para los visitantes. En las cercanías de este centro turístico se localizan sitios de gran belleza natural como Xcacel, en donde también llegan las tortugas marinas a desovar y Chemuyil, ambas con preciosas playas. Existe un monumento al mestizaje en Akumal, en el cual existen vestigios arqueológicos de la civilización maya de Tulum, Cobá, Xcaret, así como a lo largo de la costa (Solidaridad, 2006).

Crecimiento de la Población: Existe una fuerte inmigración de habitantes de todo el país, principalmente de la península de Yucatán y la influencia de los visitantes nacionales y extranjeros en el litoral tanto en el municipio como en Akumal; por otro lado la emigración poblacional de este municipio se dirige principalmente a la ciudad de Playa del Carmen, que es un centro turístico en pleno desarrollo. Sin embargo, como localidad de una entidad federativa, Akumal presentó una tasa de crecimiento anual a nivel municipal de 1990 al 2000 de 19.9% la mayor registrada de todo el Estado y del País. Por lo cual se puede inferir que si en el año 2000 se registró una población de 1144 habitantes, para el 2005 se esperaría una población de 228 habitantes más por año aproximadamente, por lo cual la población inferida en el 2005 se puede estimar de 2284 habitantes, es decir que se esperaría que la población del 2000 se duplicaría para el 2005.

Tabla 5.3.1 Número de habitantes que conformaron Akumal hasta el año 2000

Localidades	Población Total	Viviendas	Hombres	Mujeres	PEA	PEIA	Población Analfabeta
Akumal (Pueblo y Norte)	1088	266	583	505	532	199	625
Akumal Sur	31	12	15	16	14	6	19
Oasis Akumal	13	12	10	3	12	1	12
Aventuras Akumal	12	4	8	4	4	2	5
Total	1144	294	616	528	562	208	661

Nota: Datos obtenidos del documento "Localidades de los municipios de Quintana Roo" (INEGI-2, 2006)

5.3.2 Manejo actual de los RSM en la población

A continuación se hace una breve descripción del manejo actual de los RSM en Akumal, siendo la principal localidad observada la representada por Akumal, Norte y Pueblo, considerando cada etapa involucrada con la manipulación de los RSM. La presente información se derivó de la observación en campo de la localidad, de entrevistas efectuadas a miembros de la localidad, como habitantes de la población, autoridades y miembros del Centro Ecológico Akumal (CEA), durante la visita de campo realizada en la semana del 19 al 22 de Enero del 2005.

Generación. La generación per cápita de Akumal no fue posible determinarla mediante un Estudio de Generación, por lo cual, cuando no se tienen datos tan precisos de la generación de la localidad, se recurre a utilizar los datos más actuales estimados por la federación a nivel

regional, que en este caso es de 0.679 kg/hab-día correspondiente a la Zona Sur geográfica del país (SEDESOL, 1999). En realidad es una generación aceptable para la localidad, debido a que es una población urbana en su mayoría.

De manera similar, cuando el peso volumétrico no es estimado experimentalmente, entonces para hacer las aproximaciones correspondientes en base a este dato, se puede utilizar el valor de 200 kg/m³, correspondiente a RSM que no tienen compactación mecánica de manera general (poner referencia). Por lo tanto, de acuerdo a la población de 2,284 habitantes de Akumal estimada en el 2005 inferida por datos del INEGI, se puede apreciar en la siguiente tabla 5.3.2 las generaciones per cápita y poblacional que se generan diaria, semanal o mensualmente.

Tabla 5.3.2 Generación per cápita y poblacional en Akumal

Frecuencia	Generación per cápita	Generación Poblacional
Diaria	0.679 kg/hab-día	1,550.8 kg/día
Semanal	4.753 kg/hab-sem	10,855.8 kg/sem
Mensual	20.370 kg/hab-mes	46,525.1 kg/mes

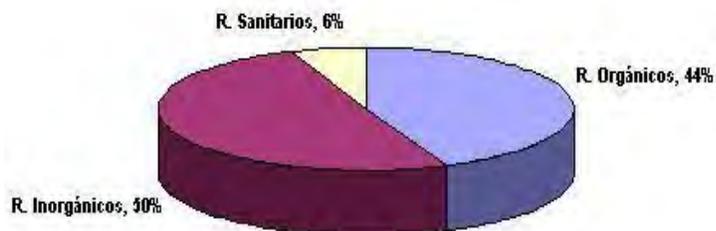


Fig. 5.3.3 Porcentaje de Residuos Sólidos en la Zona Sur del país

La clasificación y cuantificación de los subproductos generados por los habitantes, se puede representar por los subproductos típicos generados en la región, primordialmente una región con actividad turística y pesquera. Ver columna correspondiente a los porcentajes de residuos generados en la Zona Sur del País de la **Tabla 5.2.2** en el apartado correspondiente a AdeLR. Estos datos fueron tomados para analizar los RSM generados en Akumal, Quintana Roo.

Siendo los de mayor porcentaje en peso los residuos orgánicos con el 43.57% del peso total, seguidos del papel y cartón con 13.70%, y después el metal, vidrio (transparente y de color), trapo y plásticos, con porcentajes de entre 2% y 5%. Los residuos de varios subproductos en total son un gran porcentaje, pero por separados no son de valores significativos, como el hule. Los residuos sanitarios ocupan un 6% aproximadamente, que no se puede reaprovechar.

Almacenamiento: La población de Akumal cuenta con dos contenedores de 120 L en cada casa-habitación, los cuales fueron proporcionados en el 2002 por el Ayuntamiento, para reducir la disposición y almacenamiento inadecuado de los mismos, para poder hacer más eficiente el servicio de recolección. Los contenedores de dicha capacidad entregados también a comercios fungen como contenedores públicos para la población. Sin embargo, el almacenamiento de los RSM aún sigue siendo de forma mezclada. Las autoridades del poblado, estiman que un 80% de los predios que cuentan con estos contenedores hacen el uso apropiado de los mismos. Sin embargo existen quienes los han destinado para otros fines y prefieren almacenar los residuos en bolsas de plástico.

Barrido: Actualmente no es proporcionado el servicio de barrido público por personal del ayuntamiento, como lo es en la Cabecera municipal, Playa del Carmen. El barrido lo realizan diariamente la mayoría de los habitantes de las casas habitación o trabajadores de comercios y hoteles de sus respectivas calles que colindan con su predio. El municipio de Solidaridad cuenta con una barredora mecánica, sin embargo, en las calles del Pueblo de Akumal y en el área de la playa, no es posible usarla debido a su inoperatividad. En las calles de Akumal Norte, aunque existen calles pavimentadas estas son estrechas e impiden el tránsito normal de la máquina barredora.

Recolección y Transporte: El servicio de recolección es proporcionado por personal del ayuntamiento, el cual cuenta con 2 vehículos recolectores para recoger los RSM de las zonas comprendidas entre Playa del Carmen, Akumal y Tulum: uno es modelo antiguo de caja rectangular, carga y descarga lateral y manual, sin sistema de compactación y de 15yd³ de capacidad aproximadamente. Otro es modelo 2004, caja rectangular, carga y descarga trasera, con sistema de compactación y con capacidad de 25yd³. El método de recolección proporcionado por el servicio público, se lleva a cabo por Parada Fija, 1 ó 2 veces por semana, sin separación; a excepción de los materiales reciclables, como el PET y los metales, que se recolectan por vehículos privados 1 vez por semana.

Reuso y Reciclaje: La localidad tiene un gran interés por reusar y reciclar aquellos materiales que puedan tener una oportunidad mas de entrar en un proceso productivo, tal es el caso del plástico, vidrio, papel y residuos orgánicos composteables. Sin embargo, el motivo es diferente, y es



por ello que algunos miembros de la población de Akumal en cooperación con los miembros del Centro Ecológico Akumal, se han interesado por difundir la cultura del reuso y reciclaje como parte esencial del cuidado de los recursos naturales y económicos que pueden propiciar el manejo adecuado de los residuos.

Actualmente existen algunos programas que impulsan el reciclaje en la población, los cuales son principalmente coordinados por el CEA y el Ayuntamiento (Aguirre, 2004), tales como:

- Cooperativa orgánica: microempresa instituida por el CEA, que ofrece el servicio de recolección de RSM reciclables y residuos orgánicos, mediante una cuota mensual de 100 pesos mexicanos.
- Grupo Recicla: empresa privada que compra residuos reciclables pagando 1 peso mexicano por kg de material reciclable.
- 5kg por 1kg: programa del gobierno municipal que consiste en el intercambio de 5kg de RSM reciclables por 1kg de despensa. El PET que se recolecta se entrega al grupo ECOCE, la cual es una empresa nacional acopiadora y recicladora de este material.
- CEMIR: la cual era una iniciativa del CEA para ocupar el territorio de la Sascabera como centro de acopio, área de composteo y transferencia de RSM.
- Educación ambiental: programa de educación ambiental impulsado por el CEA, como por ejemplo los "sábados ambientales", que se imparten a niños de la población de akumal, para que realicen actividades que despierten su interés y responsabilidad sobre el ambiente y los recursos naturales.
- Subcomisión de RSM de solidaridad: es un grupo formado por representantes de la opinión pública, académicos, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y empresarios que fungen como vigilantes de las actividades del municipio en materia de RSM.

Transferencia: Actualmente no existe una estación de transferencia cercana para trasladar los RSM recolectados en Akumal hacia el sitio de disposición final de RSM más cercano. Durante los días de recolección los vehículos por lo menos deben recorrer 2 veces el tramo de Playa del Carmen-Tulum-Playa del Carmen (de 126 km) para disponer los RSM de las localidades atendidas, sin contar el recorrido que se hace en cada localidad, incluyendo las que componen Akumal, para la recolección de los RSM.

Tratamiento: A nivel municipal no existen tratamientos para los RSM. A nivel local, en el CEA existen un programa para la recolección y transformación de los residuos orgánicos (alimentos y de baño) para la producción de composta. También en algunos talleres de artesanías realizan productos con papel reciclado. La práctica de la quema de los residuos, por algunos habitantes no es controlada, pues se hace de manera mezclada. Un pequeño porcentaje de residuos de jardín recibe un tratamiento natural, por algunos pobladores, al ser dispuestos en los jardines y tierras de cultivo para su degradación.

Disposición Final: El destino final de los RSM de Akumal fue por varios años, el Tiradero a cielo abierto de Akumal (o Basurero Akumal), de 3.1 Ha, y ubicado a 2km al sur de Akumal en el km No. 259 de la carretera federal Playa del Carmen-Tulum (SAU, 2005). Desde el 2000 fue cerrado debido a que la ley federal exigía la clausura de estos. El tiradero no reunía las características propias de un sitio de disposición controlado y tampoco pudo ser convertido en un relleno sanitario controlado, debido a que las características del suelo no eran las apropiadas y se encuentran mantos acuíferos muy cercanos a la superficie, que pudieron (o pueden) estar dañados por el escurrimiento de lixiviados de los RSM. Se estima que entre las localidades de Playa de Carmen, Akumal y Tulum se recolectaban y disponían más de 250 Ton diarias de RSM en este tiradero. Al cierre del tiradero, se perdieron fuentes de empleo para los pepenadores y se descontroló el servicio de limpieza municipal de esta localidad y de las localidades vecinas. Del 2000 al 2005 se enviaban los RSM al sitio de disposición de Tulum, el cual también fue cerrado en el 2005 por la puesta en operación el Relleno Sanitario de Playa de Carmen. Actualmente se disponen los residuos generados en la región en el relleno sanitario ubicado en la Cabecera municipal, Playa del Carmen, el cual se estima que se recibe 360 Ton diariamente.

5.3.3 SMIRSM propuesto para Akumal

Con la información previa de la pequeña localidad en estudio se pueden percibir las características de la población, principalmente de los recursos e infraestructura con que cuenta, así como de las carencias para manejar adecuadamente sus residuos sólidos municipales generados. A continuación se aplicará el procedimiento propuesto de cada etapa del SMIRSM para la población de Akumal en el municipio de



Solidaridad del Estado de Quintana Roo (tomando en cuenta las poblaciones de Akumal (Norte y Pueblo), Akumal Sur, Oasis Akumal y Aventuras Akumal), como una primera propuesta para el manejo integral de sus residuos sólidos municipales.

5.3.3.1 Almacenamiento

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de almacenamiento integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.1.1 Adquirir los contenedores privados/públicos

Para reducir el envío de los residuos aprovechables al sitio de disposición final, tales como los orgánicos y algunos inorgánicos, se requiere contar con 3 contenedores para la separación de los residuos, y para cada uno es necesario contar con el volumen necesario para su almacenamiento.

a) Calcular la capacidad de almacenamiento de RSM

Contenedores Privados. En la mayoría de las casas-habitación de Akumal, ya se cuenta con dos contenedores de 120L y en algunas de las zonas residenciales se proporcionaron contenedores de 770 o 1000L. A continuación se presentan los cálculos para determinar la capacidad requerida y la actual para el almacenamiento en contenedores privados, tomando en cuenta una frecuencia de recolección de 1 vez por semana para una casa promedio de 5 habitantes.

Tabla 5.3.3 Capacidad de almacenamiento total privado para Akumal

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$G_{Total} = G_{media} \times N_{hab.}$	$(0.679kg / hab \cdot día) \times (5hab) = 3.395kg / día$
2°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$\frac{3.395g / día}{200kg / m^3} = 0.0170m^3 / día$
3°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.0170m^3 / día) \times (7días) = 0.119m^3$
4°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(0.119m^3) \times (1.5) = 0.1785m^3$

El volumen de almacenamiento de 5 habitantes de una casa-habitación, para almacenar sus RSM durante 1 semana, se recomienda que sea mínimo de 0.1785 m³, es decir 178.5 L. Para fines prácticos, se redondea el valor, para considerar una capacidad de 180 L. Se puede observar que los dos contenedores de 120 L provistos por el municipio, son teóricamente suficientes para el almacenamiento en casas de 5 habitantes.

Sin embargo, el almacenamiento integral requiere que se separen los residuos sólidos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios, por lo que la capacidad de este contenedor debe ser repartido en 3 partes proporcionalmente, de acuerdo a la composición estimada por la SEDESOL en la Zona Sur del país. Para fines prácticos pueden ser de iguales dimensiones, aunque no está por demás que la capacidad esté sobrada, siempre y cuando la economía de los habitantes lo permita.

Tabla 5.3.4 Capacidad de almacenamiento privado por tipo de residuos para Akumal

Porcentaje de Residuos	Capacidad de almacenamiento para cada tipo de residuo
Residuos Orgánicos = 44 %	$180L \times 0.44 = 79.2L = 79L$
Residuos Inorgánicos = 50 %	$180L \times 0.50 = 90L =$
Residuos Sanitarios = 6 %	$180L \times 0.06 = 10.8L = 11L$

Contenedores Públicos. En la localidad de Akumal, con 2,284 habitantes (aproximadamente) y una frecuencia de recolección de 2 veces por semana (lunes y jueves por ejemplo), se propone la siguiente capacidad de almacenamiento.



Tabla 5.3.5 Capacidad de almacenamiento total de contenedores públicos para Akumal

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$G_{Total} = G_{media} \times N_{hab.}$	$(0.679kg / hab \cdot día) \times (2,284hab) = 1,551kg / día$
2°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$\frac{1,551kg / día}{200kg / m^3} = 7.755m^3 / día$
3°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(7.755m^3 / día) \times (3.5días) = 27.143m^3$
4°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(27.143m^3) \times (1.5) = 40.715m^3$

El volumen de almacenamiento de 2,284 habitantes en Akumal, para almacenar sus RSM durante 3.5 días a la semana, se recomienda que sea mínimo de 40.715 m³, es decir 40,715 L. Para fines prácticos, se puede redondear el valor hasta para considerar una capacidad de 50,000 L.

Sin embargo, el almacenamiento integral requiere que se separen los residuos sólidos en orgánicos, inorgánicos y sanitarios, por lo que la capacidad de este contenedor debe ser repartido en 3 partes proporcionalmente, de acuerdo a la composición estimada por la SEDESOL en la Zona Sur del país. Para fines prácticos pueden ser de iguales dimensiones, aunque no está por demás que la capacidad esté sobrada, siempre y cuando la economía de la localidad y el municipio lo permita.

Tabla 5.3.6 Capacidad de almacenamiento de contenedores públicos por tipo de residuos para Akumal

Porcentaje de Residuos	Capacidad de almacenamiento para cada tipo de residuo
Residuos Orgánicos = 44 %	$50000L \times 0.44 = 22000L$
Residuos Inorgánicos = 50 %	$50000L \times 0.50 = 25000L$
Residuos Sanitarios = 6 %	$50000L \times 0.06 = 3000L$

Nota: Para reducir el espacio ocupado por el volumen de los RSM, tanto en los contenedores privados como en los públicos, es necesario que los generadores al ir colocando sus residuos en los contenedores los compacten (con sus propias manos cubiertas o con herramientas auxiliares). Si se construyen estos contenedores o compran, con tales dimensiones, se evitará el consumo de bolsas de plástico para desechar en cada recolección (lo cual acrecienta la cantidad de residuos plásticos que se destinan a los rellenos sanitarios o que se les debe dar tratamiento para su reciclaje) y la disposición de los RSM en lotes baldíos, o aceras de la carretera, de la propia localidad.

b) Calcular el número de contenedores requeridos

Contenedores privados. En este caso, en el que el volumen de cada uno de los contenedores para los diferentes 3 tipos de residuos a almacenar, no rebasa las dimensiones de los contenedores de 120 L proporcionados por el municipio no se requiere hacer un cálculo extra. Solamente bastaría con adquirir un contenedor mas de aproximadamente 11 L (por parte de los habitantes) para disponer los residuos sanitarios. En los dos contenedores de 120 L se pueden almacenar los residuos orgánicos e inorgánicos separadamente. En el caso de las casas habitación que no cuenten con contenedores proporcionados por el municipio, requieren de 3 contenedores con capacidades de 90 L, 80 L y 11 L para el almacenamiento separado de residuos orgánicos, inorgánicos y sanitarios respectivamente.

Contenedores públicos. Para proporcionar la capacidad de 22,000 L, 25,000 L y 3,000 L de residuos orgánicos, inorgánicos y sanitarios en la localidad, respectivamente, se requiere dividir la capacidad de almacenamiento de cada tipo de residuo en más de 2 contenedores, para que los contenedores sean los suficientemente manejables por la población y los recolectores. Por lo que se recomiendan 57 contenedores distribuidos en las 5 localidades que componen Akumal, de acuerdo a las siguientes dos tablas.

Tabla 5.3.7 Número de contenedores públicos por tipo de residuos para Akumal

Tipo de Residuos	Número de Contenedores
Residuos Orgánicos	$22000L / 1000L = 22$
Residuos Inorgánicos	$25000L / 1000L = 25$
Residuos Sanitarios	$3000L / 770L = 3.90 = 4$

Nota: Los contenedores de 1000L y 770L los proporciona el municipio y cuenta actualmente con estos.

Tabla 5.3.8 Distribución de contenedores públicos por tipo de residuos para Akumal

Localidad de Akumal	% Población de Akumal	R. Orgánico	R. Inorgánico	R. Sanitario	Total de Contenedores
Akumal Pueblo	47.5%	$22 \times 0.475 = 10.45 = 10$	$25 \times 0.475 = 11.8 = 12$	$4 \times 0.475 = 1.9 = 2$	24
Akumal Norte	47.5%	$22 \times 0.475 = 10.45 = 10$	$25 \times 0.475 = 11.8 = 12$	$4 \times 0.475 = 1.9 = 2$	24
Akumal Sur	3%	$22 \times 0.03 = 0.66 = 1$	$25 \times 0.03 = 0.75 = 1$	$4 \times 0.03 = 0.12 = 1$	3
Oasis Akumal	1%	$22 \times 0.01 = 0.22 = 1$	$25 \times 0.01 = 0.25 = 1$	$4 \times 0.01 = 0.04 = 1$	3
Aventuras Akumal	1%	$22 \times 0.01 = 0.22 = 1$	$25 \times 0.01 = 0.25 = 1$	$4 \times 0.01 = 0.04 = 1$	3
Total de contenedores		23	27	7	57

c) Seleccionar un contenedor

Ídem al inciso (c) correspondiente en la localidad de AdeLR.

d) Diseñar y fabricar el contenedor

No aplica, el municipio ha proporcionado ya contenedores a la población.

e) Seleccionar un contenedor domiciliar y/o público.

A continuación se muestran los contenedores actualmente distribuidos por el municipio, de 120, 240, 770 y 1000 litros de capacidad.



Fig. 5.3.4 Contenedores actuales proporcionados por el Ayuntamiento de Solidaridad
(Foto de Servicios Ambientales Urbanos tomada de la referencia SAU, 2005)



5.3.3.1.2 *Dar mantenimiento a los Contenedores*

Ídem al inciso (5.2.3.1.2) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.3.3.1.3 *Separar y Almacenar los Residuos*

Ídem al inciso (5.2.3.1.3) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.3.3.2 **Barrido**

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de barrido integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.2.1 *Estimar características de los residuos en calles y áreas públicas*

Ídem al inciso (5.2.3.2.1) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.3.3.2.2 *Determinar características de las calles de la localidad*

El tipo de calles que predomina en Akumal Pueblo son en su mayoría de terracería, las calles de entrada al CEA y al fraccionamiento de Akumal Norte y la entrada hacia el CEA, son pavimentadas. En general las longitudes transversales de las calles varían entre 4 y 6 m. En época de lluvia las calles de terracería son poco transitables debido a los encharcamientos. El grado de limpieza de las calles es de Clase C, debido a que se encuentran cúmulos de RSM y polvo en las orillas y esquinas de las principales calles.

5.3.3.2.3 *Determinar tipo de barrido: manual y mecánico*

De acuerdo al punto anterior, difícilmente se puede operar una barredora mecánica para brindar el servicio de barrido público en todas las calles de la localidad. En las calles no pavimentadas de Akumal el barrido debe ser manual, pues el uso de una barredora mecánica en la localidad levantaría grandes cantidades de arena y tierra, produciendo mucho polvo y ocasionando quizá algunos trastornos en pulmones a la población más sensible, como a los niños y adultos mayores. En las calles pavimentadas, es posible usar la barredora mecánica del municipio, la cual tiene doble cepillo lateral, con una capacidad de barrido de 3 m de ancho máximo y 32 km/h de velocidad de desplazamiento; actualmente esta barredora contempla el Barrido de 28 km/día a 32 km/día de barrido mecánico, principalmente en 10 calles o avenidas, principalmente de la cabecera municipal y carretera (SAU, 2005).

5.3.3.2.4 *Determinar prestador del servicio de barrido*

El costo que representa la contratación de un prestador del servicio de barrido o barrendero, que sea pagado por el ayuntamiento para que brinde el servicio en el mismo, puede ser puesto a discusión por el Ayuntamiento y por la localidad; sin embargo, hasta la actualidad la población se ha encargado del barrido de sus propias calles y es muy recomendable que se continúe realizando esta actividad, como parte de la responsabilidad de los pobladores. Para hacer más eficiente el sistema de barrido, se propone el siguiente plan de barrido en el que se espera que participen la mayoría de los habitantes de Akumal (ver tabla siguiente).

Tabla 5.3.9 Designación del ejecutor de barrido de las calles para Akumal

Área por barrer	Frecuencia de barrido	Ejecutor del barrido
Calles principales con casas-habitadas o locales comerciales	Diariamente	Habitantes o comerciantes que tienen predio en esa calle + Vecino voluntario
Calles principales con casas-deshabitadas o lotes baldíos	Cada tercer día	Vecino voluntario
Calles secundarias	Diariamente	Habitantes o comerciantes que tienen predio en esa calle
Playa	Cada tercer día	Vecino voluntario y comerciantes

Ídem al inciso (5.2.3.2.4) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.3.3.2.5 *Determinar equipo para el barrido*

Ídem al inciso (5.2.3.2.5) correspondiente en la localidad de AdeLR.



5.3.3.2.6 Determinar ruta del barrido

Ídem al inciso (5.2.3.2.6) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.3.3.2.7 Realizar el barrido eficientemente y con separación

En cada determinado tramo de la calle, el ejecutor del barrido, debe acumular una cantidad suficiente de residuos. En el momento de hacer los montones de residuos, debe separar los residuos inorgánicos, del polvo y tierra o arena, y de los residuos orgánicos. La arena puede ser devuelta a la playa. Generalmente los inorgánicos no están tan contaminados y se pueden separar con la propia mano o con una pica (para ello es necesario el uso de los guantes). Los residuos orgánicos deben ser levantados con ayuda de un recogedor, para entrar en contacto lo menor posible con estos, como medida de seguridad. Los residuos barridos deben ser dispuestos separadamente en el contenedor correspondiente, ya sean los propios de las casas-habitación o en los públicos.

5.3.3.2.8 Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles

Si la población misma no esta convencida de que la limpieza de sus calles, además de mejorar la imagen ambiental de su localidad, también propicia un ambiente limpio y sano para sus habitantes, entonces difícilmente se podrá dar continuidad a un barrido eficiente de las calles de la localidad. Durante las juntas vecinales es recomendable que se invite a los pobladores de Akumal a mantener sus calles limpias y a vigilar que los visitantes también lo hagan. Es posible que el delegado y los jefes de manzana, formen un comité para divulgar entre la población, la necesidad de que los vecinos voluntarios barran las calles que no correspondan a sus predios, mediante un mecanismo organizado.

5.3.3.3 Recolección

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de recolección integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.3.1 Escoger el sistema de recolección

De acuerdo a las características de la población y localidad de Akumal, así como de los recursos materiales y económicos, y su ubicación tan cercana a la Cabecera Municipal de 37km, se contesta la Guía para selección del método de recolección recomendada en la Tabla 4.5.3 del SMIRSM con la siguiente configuración: I. 1-no, 2-si, II. 2-a's, 3-b's y 3-c's, de la guía de preguntas para seleccionar un Sistema de Recolección del procedimiento, por lo cual, el sistema de recolección requerido puede configurarse de un sistema público de recolección con cualquiera de los tres métodos de recolección, el de parada fija, el de acera o el de contenedores; y si se usan los tres de manera simultanea, pueden complementarse mutuamente y abastecer al 100% de la población. El método de acera, hasta ahora no utilizado en Akumal, muestra ser una buena alternativa para la población que no tiene tiempo o no coincide en horario con los recolectores, sin embargo, al contar con contenedores públicos, esta parte de la población puede colocar sus RSM sin depender de la recolección mediante el sistema tipo acera o parada fija.

Para abastecer el sistema público de recolección, se debe solicitar al Ayuntamiento que el sistema de recolección sea frecuente, por lo menos de 1 vez por semana con el método de parada fija y de 1 vez por semana para la recolección de los contenedores. La recolección debe ser separada para los residuos inorgánicos reciclables y los residuos inorgánicos no reciclables. Al realizar composta casera en cada casa-habitación o a nivel local, ya no es necesaria la recolección de residuos orgánicos por parte del ayuntamiento, a excepción de materiales más grandes, e inclusive como animales muertos, los cuales deben ser dispuestos en celdas especiales en el sitio de disposición del municipio. Si la composta será elaborada por un reciclador particular, este mismo puede ofrecer el servicio de recolección con su correspondiente remuneración como servicio particular (actualmente el Programa de Cooperativa Orgánica cobra 100\$/mes para la recolección de residuos orgánicos).

5.3.3.3.2 Calcular las dimensiones del vehículo recolector

Para ver si el vehículo recolector con que cuenta esta localidad es suficiente, se realizan los cálculos sugeridos en el procedimiento:



Tabla 5.3.10 Dimensiones del vehículo recolector necesario para Akumal

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$P_{servir} = A_{servir} \times \rho_{media}$	2,284hab
2°	$G_{Total} = G_{media} \times P_{servir}$	$(0.679kg / hab \cdot día) \times (2,284hab) = 1,551kg / día$
3°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$\frac{1,551kg / día}{200kg / m^3} = 7.755m^3 / día$
4°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(7.755m^3 / día) \times (3.5días) = 27.143m^3$
5°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(27.143m^3) \times (1.5) = 40.714m^3$

Por lo que para una población de 2,284 habitantes con una frecuencia de recolección de 2 días a la semana, es suficiente un vehículo recolector de 41 m³ (54 yd³) de capacidad para trasladar los residuos inorgánicos (aprovechables y no aprovechables). Sin embargo, Solidaridad no cuenta con un vehículo de estas dimensiones y además en una Recolección integral, se espera que los residuos orgánicos sean tratados en la localidad, para no ser transferidos por los vehículos recolectores al sitio de disposición final.

Por lo cual se espera recolectar el 44% menos de los RSM, es decir la capacidad necesaria por día de recolección a la semana, teóricamente sería de solo 23 m³ (30 yd³). A continuación se muestra los vehículos necesarios para la recolección con y sin residuos orgánicos.

Tabla 5.3.11 Viajes de vehículos por día de recolección en Akumal

Capacidades de vehículos	Con 24 yd ³ de Residuos Orgánicos	Sin 24 yd ³ de Residuos Orgánicos
Vehículo de 25 yd ³	1 viaje para RO (sobra 1 yd ³), y	1 viaje para RI+RS, o
Vehículo de 15 yd ³	2 viajes para RI y RS	2 viajes para RI+RS (sobran 7 yd ³)
Capacidad de recolección/día	54 yd ³	23 yd ³

5.3.3.3.3 Asignar el personal para prestar el servicio de recolección

Como se requiere atender poco más de 400 viviendas en las que se encuentran 2,284 habitantes, se requiere que el personal que opere cada vehículo se componga de 1 chofer y dos ayudantes, con el fin de que la recolección sea más eficiente y menos cansada para los operarios. La capacitación sugerida debe ser tomada en cuenta para que los operadores estén consientes del servicio que proporcionan, que operen adecuadamente la unidad y hagan el servicio de manera responsable.

5.3.3.3.4 Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores

La mayoría de los recicladores prefieren recibir el material que reciclen con la mínima cantidad de contaminantes (otros residuos). E inclusive lo compran a mayor precio si este ha recibido un acondicionamiento adecuado (ver tabla de Especificaciones de compra en Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje). Sin embargo, el factor que determina si los recicladores se hacen cargo de la recolección y transporte de los residuos separados, es la cantidad (1 Ton aproximadamente de cada subproducto). Por lo cual mientras no exista un Centro de Acopio en el municipio (en la cabecera municipal, por lo menos), los RSM de Akumal no puede convenir el transporte con Empresas recicladoras grandes. Por lo que deben convenir con pequeños recicladores, quienes normalmente ellos son los que recolectan los RSM de varias localidades, e inclusive en la pepenación directa del sitio de disposición final o quienes en su comercio (tiendas de materiales o abarrotes) fungen de centro de acopio a pequeña escala.

Cabe mencionar que en el Centro Ecológico Akumal, existen algunos contenedores en los cuales se disponen (o disponían) subproductos separados para su acopio y posterior comercialización, que actualmente son recolectados directamente por vehículos de empresas recicladoras, principalmente de ECOCE para el reciclaje de PET, PE y PVC, y otros pequeños recicladores de metales ferrosos y no ferrosos.



5.3.3.3.5 Diseñar las rutas de recolección

Ídem con el inciso 5.2.3.3.5 correspondiente en la localidad de AdelR.

5.3.3.3.6 Recolectar los residuos de acuerdo al sistema

El sistema de recolección más apropiado para Akumal se propone que sea aplicado en dos etapas.

1ª etapa. Recolección de residuos con el método de parada fija, en la cual se recolecte 1 vez por semana los residuos inorgánicos sin considerar si son o no aprovechables, pues en la actualidad no existe un centro de acopio en el municipio que funja regularmente. No se recolectarán residuos orgánicos, pues es factible que los propios habitantes elaboren con estos composta a nivel domiciliar, o participen activamente con el Programa de Cooperativa Orgánica, mientras no se cuente con una planta de composta a nivel local.

2ª etapa. Recolección de residuos con el método de parada fija, acera y/o contenedores, en donde se espera que la localidad se haya provisto de contenedores para el acopio separado de residuos inorgánicos aprovechables y no aprovechables. 2 veces por semana el vehículo tendrá que ir a la localidad, 1 día por los aprovechables y otro día por los no aprovechables. Puede destinarse un tercer contenedor público para almacenar los residuos orgánicos que se deseen procesar a nivel local, siempre y cuando ya se cuente con una planta de composta a nivel local.

5.3.3.3.7 Llevar los residuos a su destino próximo

El servicio de recolección proporcionado por personal del Ayuntamiento será el encargado de recolectar los residuos inorgánicos, desechados por la población, que ya no pueda reusar y reciclar más, de acuerdo a la ruta de recolección de diseño (se requiere hacer el trazo de las rutas de recolección para parada fija o acera, que complemente la de contenedores). En la 1ª etapa, estos deben ser llevados al sitio de disposición final. En la 2ª etapa, los residuos inorgánicos aprovechables deben ser llevados al centro de acopio del municipio o localidad y al sitio de disposición final, respectivamente. Es una gran ventaja que actualmente se recolecten en la fuente los residuos plásticos y metálicos.

5.3.3.3.8 Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos

Ídem con el inciso 5.2.3.4.8 correspondiente en la localidad de AdelR.

5.3.3.4 Reuso y Reciclaje

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de reuso y reciclaje integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.4.1 Seleccionar y clasificar los materiales aprovechables

1. Realizar el inventario de los materiales aprovechables generados en la localidad.

En el inventario elaborado para Akumal, mostrado en la tabla 5.3.12, se encuentra que no todos los RSM pueden ser aprovechables: reusados o reciclados en casa o comercializados para su uso y reuso, por lo cual de la siguiente lista se tachan los subproductos que no pueden ser aprovechables, seleccionando minuciosamente los potencialmente reciclables y de los cuales se determina que representan el 70.027% en peso de los RSM generados en Akumal. Es decir, que de los 46,524 kg/mes generados en la localidad, 32,579.36kg pueden ser aprovechables.

Tabla 5.3.12 Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal

Residuos	Subproducto	Generados	Generados	Reciclables	
		kg/día	%	%	kg/mes
R. Orgánicos	R. Alimentos y hueso	257.34	16.594	16.594	7720.19
	R. Jardín	418.33	26.975	26.975	12549.85
R. Inorgánicos	Hule	5.43	0.350	-	-
	Metales	78.50	5.062	5.062	2355.04
	Material ferroso	6.17	0.398	0.398	185.17
	Material no ferroso	26.33	1.698	1.698	789.98

Tabla 5.3.12 (cont.) Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal

	Lata	46.00	2.966	2.966	1379.90
	Plásticos	45.76	2.951	2.951	1372.92
	Plástico película	26.72	1.723	-	-
	Plástico rígido	19.04	1.228	1.228	571.31
	Papel y cartón	212.41	13.697	13.697	6372.39
	Cartón	75.12	4.844	4.844	2253.62
	Papel	137.29	8.853	8.853	4118.77
	Textiles (Fibras)	33.45	2.157	2.157	1003.52
	Varios	343.92	22.177	-	-
	Finos	125.23	8.075	-	-
	Otros	218.69	14.102	-	-
	Vidrio	66.90	4.314	4.314	2007.05
	Vidrio de color	9.29	0.599	0.599	278.68
	Vidrio transparente	57.61	3.715	3.715	1728.37
R. Sanitarios	R. Sanitarios	88.75	5.723	-	-
Total		1550.8	100.000	70.027	32579.36

Nota: Se tachó de la lista de subproductos generados, los materiales no aprovechables.

- Investigar los costos unitarios actuales de los materiales aprovechables.

La investigación de los precios unitarios, y su correspondiente ganancia potencial mensual, de los subproductos generados en Akumal, se muestran en la siguiente tabla 5.3.13, la cual se elaboró con los datos obtenidos del Anexo 2 del documento "Precios de los Materiales Recuperados a través de la Pepena" elaborado por Thesis Consultores para el INE. En la cual los costos unitarios señalados con ^a y ^b son los precios obtenidos de pepenadores, centros de acopio, recolectores y recicladores entre 1994-2001 y el 2002, respectivamente. Los señalados con ^c muestran el precio obtenido en centro de acopio de Ecatepec, Edo. Mex. el 2002 (Thesis Consultores, 2002). Los subproductos marcados NC, significa que se encontró que no son comerciables, pero que su ganancia potencial se verá reflejada en la reducción del envío de residuos al disposición final y en la producción de abono orgánico casero, o usado como combustible, que puede ser aprovechado por la localidad. El valor con ND significa que no está disponible, pues su información no fue posible conseguir.

Tabla 5.3.13 Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal

Residuos	Subproducto Aprovechables	Reciclables		Costo unitario	Ganancia Potencial
		%	kg/mes	\$/kg	\$/mes
R. Orgánicos	R. Alimentos	16.594	7720.19	NC	Abono orgánico casero
	R. Jardín	26.975	12549.85	NC	Abono orgánico casero
R. Inorgánicos	Metales	5.062	2355.04	0.20 a 9.50 ^a	471.00 – 22372.88
	Material ferroso	0.398	185.17	2.10 a 9.50 ^a 5.5 ^b	153.69 a 1759.11
	Material no ferroso	1.698	789.98	0.20 a 0.80 ^a 2.20 ^b	158.00 a 631.98
	Lata	2.966	1379.90	0.40 a 1.00 ^a 2.00 a 7.00 ^b	551.96 a 9659.3
	Plástico rígido	1.228	571.31	0.50 ^a	285.65
	Papel y cartón	13.697	6372.39	0.10 a 1.00	637.24 a 6372.39
	Papel	8.853	2253.62	0.25 a 0.40 ^a 0.75 ^b	563.41 a 1690.22
Cartón	4.844	4118.77	0.20 a 1.00 ^a 0.48 ^b	823.75 a 4118.77	



Tabla 5.3.13 (cont.) Inventario de subproductos generados y reciclables en Akumal

R. Inorgánicos	Textiles (Fibras)	2.157	1003.52	NC	Combustible
	Vidrio	4.314	2007.05	0.20 a 1.1 ^a	401.41 a 2207.76
	Vidrio de color	0.599	278.68	0.10 a 0.55 ^a	27.87 a 153.27
	Vidrio transparente	3.715	1728.37	0.10 a 0.55 ^a	172.84 a 950.60
Total		100.000	32579.36	0.10 a 9.5	31238.68

Son materiales reciclables comerciables: Metales, Papel y Cartón, Vidrio y Plásticos "rígidos" (PET, PEAD, PEBD y PP). En la tabla anterior se observa que la comercialización más redituable se concentra entre los materiales metálicos (hasta 274.46 \$/mes), Papel y Cartón (hasta 22,372.88 \$/mes), y principalmente el aluminio de los metales (9,659.3 \$/mes). Del vidrio, se pueden recuperar 2,207.76 \$/mes y de plástico PET, PE y PVC solo se pueden obtener hasta 285.65 \$/mes. Los residuos de alimentos y jardín se pueden "donar" para la producción de abono orgánico (composta) reduciendo el envío a disposición final de 20,270.04 kg/mes. Los textiles pueden servir de combustible.

5.3.3.4.2 *Asignar la forma de reuso/reciclaje*

Los materiales aprovechables resultaron ser el 86.15% del peso total de los RSM generados en Akumal. Se observa que el reuso de ciertos materiales metálicos, plásticos, de papel, de cartón y de vidrio, puede ser muy escaso a nivel domiciliar, pero a nivel local pueden contribuir a la formación de mas materias primas. El material de residuos orgánicos se puede reciclar, tanto a nivel domiciliar como a local, transformando la materia orgánica en composta (abono orgánico).

La asignación de forma de reuso y reciclaje, ya sea tanto a nivel local como a nivel domiciliar (casa-habitación) para cada material identificado como aprovechable en la localidad es factible llevarse a cabo como en la localidad de AdeLR. Ver tabla 5.2.15 correspondiente en el apartado de la localidad de AdeLR.

5.3.3.4.3 *Acondicionar los materiales*

Los materiales que se pueden aprovechar en casa o mediante su comercialización, para reuso y/o reciclaje se pueden acondicionar en la propia fuente de generación o en el Centro de Acopio del municipio.

1. En la propia fuente de generación.

Si los habitantes de la localidad desean aprovechar al máximo la vida útil de sus residuos generados en la propia casa, como principal fuente de generación de RSM, o entregarlos a los recolectores en las mejores condiciones posibles, pueden dar cierto acondicionamiento a los materiales para poder usarlos o reciclarlos higiénicamente. Se sugiere ver el punto de Acondicionamiento de materiales aprovechables del Capítulo IV para preparar los materiales en la propia casa-habitación.

2. En el Centro de Acopio.

Por la cantidad de residuos generados en la localidad, potencialmente reciclables y comerciables, SI es viable la construcción de un Centro de Acopio, pues la ganancia de la comercialización de los subproductos son significativas económicamente (31,238.68 \$/mes); así como los grandes beneficios ambientales con los que Akumal contribuiría, si en la cabecera municipal, en el propio Akumal o en Tulum, se ubicara un Centro de acopio, con el cual se disminuiría el envío de 32 Ton/mes de materiales reciclables al relleno sanitario, provenientes de Akumal.

Sin embargo, al disponer separadamente los residuos en los contenedores correspondientes a su tipo, la localidad puede prescindir del centro de acopio, quedando la responsabilidad de almacenamiento separado en gran escala, a los recicladores o al propio municipio, mediante el sistema de recolección y transferencia de los mismos.

5.3.3.4.4 *Seleccionar la vía de comercialización*

Ídem al inciso (5.2.3.4.4) correspondiente en la localidad de AdeLR.



Un productor (o familia) puede obtener cantidades considerables de todos los materiales reciclables acopiados en la localidad, aproximadamente de 20 Ton/mes, el cual puede aprovechar para sus propias tierras de cultivo como abono orgánico y para la comercialización de este como producto final.

5.3.3.4.5 Comercializar los materiales reciclables

Los materiales reciclables que se tienen que comercializar para su aprovechamiento requieren del contacto con empresas recicladoras o pequeños recicladores y del negocio del precio de los materiales a vender.

1. Contactar a las empresas recicladoras o pequeños recicladores.

Debido a que Akumal se encuentra localizada en el Municipio de Solidaridad, al sur de Playa del Carmen, se requiere hacer la investigación de empresas recicladoras tanto en Playa del Carmen, como cabecera municipal como en los siguientes municipios y estados más cercanos.

Tabla 5.3.14 Localidades factibles para comercializar los materiales aprovechables de Akumal

Colindancia	Municipio o Delegación	Estado
Norte	Benito Juárez	Quintana Roo
	Lázaro Cárdenas	Quintana Roo
Oeste	Yucatán	Yucatán
Sur	Felipe Carrillo Puerto	Quintana Roo
	Campeche	Campeche
Este	No hay	No hay

2. Negociar el precio de los materiales a vender.

En realidad por la comercialización de subproductos reciclables en Akumal, las ganancias ascenderían a poco más de 32,000 \$/mes del total de residuos inorgánicos reciclables, tales como metales, papel y cartón, plástico y vidrio; por lo cual conviene que la localidad de Akumal se asocie con localidades vecinas y de la cabecera municipal, para poder sumar sus subproductos y poder comercializarlos con grandes y pequeños recicladores. Generalmente el reciclador corre con los gastos del transporte de los residuos, cuando son cargas de 0.5 a 1 Ton.

5.3.3.5 Transporte y Transferencia

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento del transporte y transferencia integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.5.1 Determinar la conveniencia de la estación de transferencia

Akumal cuenta con el servicio de recolección de RSM, actualmente ofrecido por el personal del ayuntamiento en un vehículo motorizado. Como ya se sabe esta localidad se encuentra ubicada a 37 km de la entrada de la cabecera municipal, en el km No. 14 de la Carretera federal Cancún-Playa del Carmen. Sin embargo el recorrido que tiene que hacer el vehículo de recolección para transferir los residuos desde el punto más alejado de la localidad al sitio de disposición es de aproximadamente 86 km en un recorrido sitio de encierro-akumal-sitio de disposición. De acuerdo a la Tabla 4.6.1 de Relación de distancias y tiempos, con respecto a las velocidades de vehículos recolectores del Capítulo IV [ver transferencia del SMIRSM], hay necesidad de disponer de una estación de transferencia para sitios en donde se recorren más de 15 km del sitio de recolección al sitio de disposición final.

Suponiendo que Akumal fuera la única localidad a la que el vehículo recolector le diera servicio y al final de la recolección de RSM en la localidad se dirige directamente al sitio de disposición, entonces el tiempo de recorrido sería el siguiente:

$$t = \frac{37\text{km}}{40\text{km/h}} = 0.925\text{h} = 55.5\text{min}$$

Tomando en cuenta que el tiempo de recorrido también se ve afectado por el tráfico y por las otras localidades a las que también debe dar servicio el vehículo de recolección del ayuntamiento, se recomienda una estación de transferencia municipal en un radio de distancia de 15km



del relleno sanitario municipal que se piensa construir en la cabecera municipal (siendo que el actual tiradero está por clausurarse en cuando este empiece a operar).

5.3.3.5.2 Escoger el sistema de transferencia

En el municipio de Solidaridad se pueden obtener recursos estatales y federales, para reducir los costos de transporte durante la recolección de los RSM y su envío al sitio de disposición final, mediante el diseño, construcción y operación de una estación de transferencia, ya sea de tipo Descarga Directa o Descarga Indirecta. Mediante un proyecto ejecutivo de estación de transferencia se puede escoger cual de las dos es la más viable para el municipio, de acuerdo a su capacidad de residuos a manejar y a los recursos económicos con los que se cuente.

La Estación de transferencia de carga directa se requieren vehículos de transferencia de carrocería abierta, vaciado de los residuos por gravedad, se requiere de dos niveles para efectuar los la transferencia, no se pueden almacenar los residuos y siempre debe haber disponibilidad del vehículo de transferencia para que la operación de los recolectores sea continua, además la construcción de la planta es de poca complejidad y bajo costo de inversión. En la Estación de transferencia de carga indirecta pueden requerirse vehículos de transferencia de carrocería abierta o de contenedor, vaciado de los residuos a través de medios auxiliares como, grúas, palas o tractores, es suficiente un área de un nivel para efectuar la transferencia, se pueden almacenar los residuos y no se requiere la presencia del vehículo de transferencia para que la operación de los recolectores sea continua, además la construcción de la planta es de poca complejidad pero requiere de equipo auxiliar de mediana o alta inversión.

5.3.3.5.3 Seleccionar o diseñar la estación de transferencia

El proyecto ejecutivo de Estación de Transferencia para el municipio de Solidaridad debe contemplar el diagnóstico de las localidades que utilizarían la estación de transferencia, la localización de la estaciones de transferencia, el cálculo de la capacidad de la estación de transferencia y los parámetros de diseño para su construcción y operación adecuadas que cumplan con las normatividad correspondiente al transporte de residuos y a la salud pública.

Sería muy recomendable que dentro del diseño y planeación de una estación de transferencia y un centro de acopio municipales estuvieran en el mismo predio o por lo menos las distancias entre estos fueran poco significativas, para la reducción de los costos de transporte y mantenimiento de los vehículos de recolección y transferencia.

5.3.3.5.4 Determinar las actividades de operación en la estación de transferencia

En la estación de transferencia se requiere que se haga el transvasado de los RSM contenidos en los vehículos recolectores, de poca capacidad a los traileres o vehículos de transferencia. Actualmente los vehículos de 15yd³ podrían fungir como vehículos recolectores y los de 25 yd³ como vehículos de transferencia. Sin embargo se sugiere la adquisición de traileres para la transferencia de los residuos.

Como Transferencia integral se sugiere que dentro de la Estación se adapte un área para una separación y acondicionamiento extra, además o en vez de la elaborada en el Centro de Acopio o en la fuente de generación, con el fin de enviar la menor cantidad posible de residuos aprovechables al sitio de disposición final.

5.3.3.5.5 Diseñar las rutas de transferencia

Las rutas de transferencia deben trazarse de acuerdo al proyecto ejecutivo de Estación de transferencia para el municipio de Solidaridad. Las distancias recorridas por los vehículos recolectores deben disminuir significativamente, si estas se elaboran adecuadamente. Se sugiere seguir el esquema propuesto en el procedimiento de Transferencia integral del SMIRSM como una primera base de diseño de dichas rutas, las cuales tienen que ser probadas y mejoradas en campo, mediante un estudio de tiempos y movimientos.

5.3.3.5.6 Asignar el personal para prestar el servicio de transferencia

Se requiere que el personal designado por el Ayuntamiento, para supervisar, administrar, operar y vigilar la transferencia de los RSM de Solidaridad, tenga capacitación continua sobre las actividades propias a desarrollar en la estación de transferencia, y sobre todo que sea apoyado de manera prioritaria para contar con las herramientas y materiales necesarios para separar, acondicionar y transferir los residuos diariamente con el equipo necesario. La capacitación del personal que labore en la estación es de vital importancia para desarrollar la transferencia de los RSM eficientemente y enviar la menor cantidad posible de residuos aprovechables al sitio de disposición.



5.3.3.5.7 Transferir los residuos a su destino próximo

El sitio de destino próximo más adecuado para los residuos aprovechables son las plantas de tratamiento o centros de acopio, el último destino que deben seguir estos, es el relleno sanitario. El relleno sanitario en teoría estuvo ideado para el confinamiento de residuos sanitarios y residuos que no pudieran ser transformados de manera alguna para su aprovechamiento. La responsabilidad de los supervisores en una estación de transferencia es primordial, para aprovechar el máximo posible de los residuos inorgánicos reciclables. Se espera que en dicha estación no se manejen residuos orgánicos, debido a que estos debieran ser tratados en la propia localidad. En la estación de transferencia pueden asistir los vehículos recolectores de empresas recicladoras particulares, para comprar y llevarse materias primas.

5.3.3.5.8 Realizar el inventario de residuos transferidos

Se requiere llevar el control de RSM que entran a la Estación de transferencia y el control de los RSM que son transferidos al sitio de disposición o los vehículos recolectores de empresas recicladoras particulares. Si dentro del diseño de la estación se contempla una báscula, con esto se pueden llevar un control más preciso de los residuos. Si no es posible contar con dichas básculas el control se puede hacer mediante volumen de residuos manejados, el cual se obtiene de la capacidad de las cajas de los vehículos y el tipo de material recibido.

5.3.3.6 Tratamiento

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento del tratamiento integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.6.1 Seleccionar el tipo de Tratamiento

De acuerdo a las características de la localidad, que aunque en su mayoría es urbana, la parte semi-rural de Akumal se considera todavía una propiedad ejidal y en la cual se desarrollan actividades de agricultura, el tratamiento que puede desarrollar la población a nivel local y a nivel domiciliar es el tratamiento biológico de los residuos orgánicos, mediante compostaje. Otro tratamiento que se puede efectuar (y actualmente se está haciendo) es la elaboración de papel reciclado, mediante el tratamiento químico de recuperación de celulosa del papel y cartón de desecho.

Tabla 5.3.15 Tratamientos seleccionados para aprovechar RSM en Akumal

Tipo de Residuos	Tratamiento	Proceso
Metales	Físico (moldeado)	Ver Anexo III-3
Papel y Cartón	Químico (disolución, blanqueo, secado y laminado)	Ver Anexo III-3
Plásticos	Físico (trituration y granulado)	Ver Anexo III-3
Residuos Orgánicos	Composta a nivel domiciliar	Ver Anexo V
Residuos Orgánicos	Composta a nivel local	Ver Anexo VI
Textil	Físico (deshilachado)	Ver Anexo III-3
Vidrio	Térmico (fundido)	Ver Anexo III-3

Por las cantidades de materiales inorgánicos generados en la localidad, sería de mayor rentabilidad la producción de materia prima a partir del tratamiento de estos, por lo cual conviene que estos sean acopiados y tratados por una empresa recicladora, que completa las cantidades de materiales para su producción, con el acopio de RSM generados en varias localidades e inclusive municipios y estados.

Si en la localidad se gestiona un mercado de reciclaje de materiales inorgánicos, se deben acopiar generosas cantidades de otras localidades vecinas, para el tratamiento de vidrio, metal, papel y cartón, para la elaboración de productos artesanales principalmente.

Si en el municipio se gestiona un mercado de reciclaje de vidrio, metal, plástico, textiles, multicapas, papel y cartón, se deben acopiar generosas cantidades dentro del municipio, para el tratamiento de estos, con tecnología avanzada.

5.3.3.6.2 Disponer de un área de almacenamiento

El volumen requerido para almacenar los 4,729.68 kg de residuos orgánicos generados en una semana es de 80 L, sin embargo, un contenedor de estas dimensiones solo está diseñado para ser recolectado en 7 días o almacenar los residuos antes de colocarlos en los composteros



caseros o pilas de composta locales. Por lo cual, no será suficiente si se requiere como almacenamiento de la materia para la producción de composta, ya que este proceso tarda aproximadamente de 4 semanas a 3 meses.

La composta a nivel domiciliario y local requiere de la siguiente capacidad de almacenamiento mostrada en la Tabla 5.3.17, para brindar tratamiento a los 675.67 kg/día (0.299 kg/hab-día) generados de residuos orgánicos por la población.

Tabla 5.3.16 Capacidad de almacenamiento para compostaje en Akumal

Tratamiento	Frecuencia	Cantidad de Residuos Orgánicos a procesar	Capacidad de almacenamiento (contenedores o terreno)
Composta domiciliario (5 habitantes)	1 mes	44.85 kg	0.224 m ³
	3 meses	134.55 kg	0.673 m ³
Composta local (2,284 habitantes)	1 mes	20,487.48 kg = 20.5 Ton	102.44 m ³
	3 meses	61,462.44 kg = 61.5 Ton	307.31 m ³

Nota: Considerando un peso volumétrico general de 200 kg/m³.

5.3.3.6.3 Realizar la separación del material a procesar

Los residuos orgánicos deben ser separados de cualquier material contaminante, debido a que estos desaceleran el proceso de biodegradación por los microorganismos o lombrices para el caso de la elaboración de abono orgánico, y en el caso del papel reciclado, su calidad se ve reflejada en el grado de contaminación que este tenga con otros subproductos.

5.3.3.6.4 Acondicionar los materiales

La materia orgánica a procesar para la elaboración de composta como abono orgánico, solo debe ser almacenada por dos o tres días en el contenedor (colocado en las casas-habitación o contenedor público), para que la materia ya iniciada en el proceso de descomposición esté lista para introducirse en el compostero o pilas de composta. Los residuos tratados como se describe en los Anexos V y VI, para elaboración de composta casera o local, deben ser: triturados (cuando estos sean muy voluminosos, tales como ramas, trozos de carne y hueso) antes de ser almacenados, y deben ser humedecidos y aireados, durante el almacenamiento, para que los microorganismos puedan vivir y transformar los residuos orgánicos en composta. El papel y cartón para reciclar no requiere de mayor acondicionamiento, como el separado de materiales metálicos y gomas; en realidad para recuperar la celulosa de estos subproductos se pasa por un proceso de lavado, en el cual se eliminan trazas de tintas, humedad y residuos orgánicos.

5.3.3.6.5 Realizar el tratamiento y obtener producto final

El tratamiento biológico efectuado a los residuos orgánicos, de origen alimenticio o de jardín, para la elaboración de abono orgánico se debe efectuar de acuerdo a los procedimientos descritos en los Anexos V y VI, correspondientes a la elaboración de composta casera y local. El producto final debe ser una tierra húmeda con olor agradable, que puede ser utilizada como abono orgánico para las tierras de cultivo.

El tratamiento químico efectuado al papel y cartón, para ser transformado en papel reciclado para la elaboración de piezas artesanales, debe tener un aspecto agradable, sin olores y homogéneo, además debe tener cierta dureza y resistencia para poder ser manejable. También es recomendable la elaboración de artesanías con el moldeado de metales

5.3.3.6.6 Canalizar el producto final acondicionado o transformado

El producto obtenido, composta o abono orgánico, mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, así como la actividad biológica del mismo, ya que la población microbiana es un indicador de fertilidad del suelo. La composta madura y estabilizada, puede ser dispuesta como tierra en los jardines de los predios de las casas-habitación, así como en las tierras de cultivo. La comercialización de este producto, elaborado a nivel local, puede resultar benéfica para sostener los gastos de operación y mantenimiento, que se derivan de la elaboración de composta a nivel local.

La supervisión de la producción de composta y papel reciclado a nivel local, puede ser llevada a cabo por el delegado y jefes de manzana, y asesorada por los miembros del CEA o especialistas en la transformación de estos productos, quienes tienen las capacidades y medios para convocar a la comunidad de Akumal, para seleccionar un grupo de habitantes para coordinar y ejecutar la producción de las pilas de composta y papel reciclado, para producir un material benéfico para sus tierras agrícolas y artesanías, respectivamente, y así evitar enviarlos a disposición final.



5.3.3.7 Disposición Final

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de almacenamiento integral del SMIRSM para PL.

5.3.3.7.1 *Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento*

La norma vigente en el país, para el cumplimiento de la construcción y operatividad de un relleno sanitario para la disposición final de los RSM es la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Hoy en día se encuentran están cerrados los tiraderos a cielo abierto de Akumal y Tulum, por lo cual el sitio de disposición final de RSM para los residuos generados en Playa de Carmen, Tulum, Puerto Aventuras, Chemuyil, Akumal y otras localidades es el tiradero a cielo abierto de Playa de Carmen; el cual aproximadamente recibe 390 Ton diarias de residuos.

En el 2001 el gobernador del estado de Quintana Roo y el presidente municipal de Solidaridad para poner en operación el relleno sanitario de Playa del Carmen, obra en la que se invirtió un monto de cuatro millones 218 mil 367 pesos, de los cuales el 55 por ciento lo aportó el gobierno estatal y el 45 por ciento la federación. Sin embargo aún esta obra no ha podido ser concretada, debido a que existen varios grupos de oposición en el cual se ha tenido que revisar la legalidad del terreno para su operación. Aún en el 2006 continúan las disertaciones para conseguir un terreno adecuado para la construcción de un relleno sanitario que abastezca dichas localidades y así poder clausurar el actual tiradero.

5.3.3.7.2 *Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción*

Debido a que Akumal ya no cuenta con un sitio de disposición final en su territorio, debe disponer sus RSM en el sitio de disposición de la Cabecera Municipal, ubicado a mas de 37km al norte. Por lo cual se define a continuación el tipo de relleno sanitario que debería ser el destinado a sustituir el tiradero a cielo abierto actual de la cabecera municipal:

El tipo de relleno sanitario debe ser mecanizado y de categoría A de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-20003, debido a que se manejarían más de 100 Ton diarias (390 Ton/día en el 2006) y es en su mayoría una localidad urbana. Requiere obligatoriamente que en el proyecto ejecutivo, para su construcción y operación, contenga los 8 estudios y análisis previos, una compactación de diseño de 700 kg/m³ y 10 obras complementarias requeridos por la norma.

El tiradero a cielo abierto de Akumal requiere ser clausurado y estabilizado adecuadamente para poder ser reutilizado como un terreno en el que se puedan elaborar actividades recreativas o agrícolas. Se sugiere el método para su adecuada clausura descrito en el Anexo VIII, en el cual puede cumplir con la normatividad correspondiente.

5.3.3.7.3 *Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno)*

El Ayuntamiento de Solidaridad tiene consignado el diseño del relleno sanitario de Playa del Carmen, debido a que ya cuenta con un posible sitio para la ubicación, dimensionamiento y preparación de un terreno de 15 Ha ubicado a 6 km al sur de la ciudad de Playa del Carmen (Novenet, 2006). El diseño, previsto en el proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Playa del Carmen, debe cumplir con los lineamientos básicos estipulados por la normatividad vigente (Ver Anexo VII) y contemplar la cantidad ponderada de RSM al tiempo de vida útil del diseño del sitio.

5.3.3.7.4 *Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias*

Las bases de construcción, prevista en el proyecto ejecutivo del relleno sanitario del relleno sanitario de Playa del Carmen, y construcción misma de la obra de ingeniería, debiera cumplir con los lineamientos básicos estipulados por la normatividad vigente (Ver Anexo VII). Cualquier cambio que se efectúe en la construcción diferente a las bases de diseño, deben ser ampliamente sustentadas con estudios y documentos correspondientes.



5.3.3.7.5 Selección y adquirir el equipo de operación

De acuerdo al proyecto ejecutivo del relleno sanitario de Playa del Carmen, se debe seleccionar y adquirir el equipo de operación necesario para la manipulación de los RSM dispuestos en la celda de operación en turno, los cuales como mínimo requieren ser un tractor, un compactador, un triturador, una pala mecánica, un cargador, una niveladora, una cisterna de agua para control de polvo y una excavadora.

5.3.3.7.6 Selección, contratar y capacitar personal

Se requiere que el personal designado por el Ayuntamiento para supervisar, administrar, operar y vigilar el relleno sanitario actual, tenga capacitación continua sobre las actividades propias a desarrollar en el sitio, y sobre todo que sea apoyado de manera prioritaria para contar con las herramientas y materiales necesarios para remover, compactar y cubrir los residuos diariamente. La capacitación del personal que labore en el sitio es de vital importancia para desarrollar el confinamiento de los RSM eficientemente.

5.3.3.7.7 Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud

Es importante que el relleno sanitario cuente con un sistema de monitoreo de biogás, lixiviados y drenaje pluvial; así como controle el acceso de perros y gatos en busca de alimento, los cuales además de ser posibles vectores de enfermedades, al igual que aves de rapiña y roedores, tristemente son aplastados por las maniobras de los vehículos recolectores, cuyos cadáveres también son dispuestos junto con los demás RSM a enterrar. De igual importancia es controlar la actividad de pepenación en las propias celdas en operación; si bien los pepenadores encuentran una fuente de ingreso económico, esta actividad debe ser realizada en las mejores condiciones de salud e higiene (en algunas entidades se ha invitado a los pepenadores de un sitio a operar las plantas de selección o centros de acopio de la localidad, elevando sus condiciones de vida dignificando su labor).

5.3.3.7.8 Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño

El Ayuntamiento debe tener conocimiento de que el relleno sanitario, que se construirá y pondrá en operación para dar servicio a la población del municipio, incluyendo los generados en la localidad de Akumal, tendrá un tiempo de vida útil de diseño (normalmente entre 10 y 20 años), el cual debe ser respetado. Sin embargo, este puede prolongarse en la medida en que se disminuyan la cantidad de RSM no aprovechables dispuestos en cada celda de diseño.

Después del término de la capacidad máxima (de diseño) el sitio debe ser cerrado de acuerdo a los procedimientos establecidos y dar el uso final que se decidió durante el diseño del sitio. De no contar con uno, se debe realizar un proyecto que evalúe el uso más adecuado de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo Urbano del periodo correspondiente al cierre del nuevo sitio.

5.4 APLICACIÓN PARA LA QUEBRADORA, GUERRERO

A continuación se presenta la aplicación del SMIRSM para la pequeña localidad de La Quebradora.

5.4.1 Descripción de la población

Localización: "La Quebradora" es una pequeña localidad que conforma una de las 132 localidades del Municipio de Atoyac de Álvarez; siendo la cabecera municipal (Atoyac de Álvarez), El Paraíso, El Ticui, Zacualpan y Cacalutla las localidades más grandes en cuanto a población y territorio. Atoyac con sus 1,638.4 km² de extensión superficial forma el 2.6 % del Estado de Guerrero. Esta localidad se ubica geográficamente a 17° 21' 34" de latitud, 100° 12' 13" de longitud y 960 de altitud y prácticamente depende económicamente de la localidad de El Paraíso, ubicada en el corazón de la sierra cafetalera del estado. Su orografía típicamente es montañosa, por ubicarse en la Sierra Madre Occidental; su hidrología gira en torno al río Atoyac, el cual es el principal recuso hídrico, pues tiene un escurrimiento anual de 835.6 millones de m³ y una cuenca de captación de 914 de km².



Fig. 5.4.1 Ubicación de Atoyac de Álvarez

Fig. 5.4.2 Colindancias de La Quebradora y Panorámica

(Figuras adaptadas de los mapas de la localidad proporcionados en las páginas web del INEGI y del Estado de Guerrero)

Cabe mencionar que el municipio de Atoyac de Álvarez se encuentra ubicado en la región Costa Grande del estado de Guerrero a 84 km de distancia de Acapulco en línea recta sobre la carretera Acapulco-Zihuatanejo. Dicho municipio colinda con San Miguel Totolapan, General Heliodoro Castillo, Técpan, Benito Juárez y Coyuca de Benítez, municipios del mismo Estado.

Actividad económica: La principal actividad económica de la población rural, es la agricultura de agricultura (maíz, frijol, plátano y café principalmente), seguido de la ganadería (bovino, ovino y porcino), silvicultura (pino, encino y oyamel) y pesca; también tienen otras actividades tales como el comercio, principalmente desarrollado en la zona urbana mas próxima de El Paraíso, y de tiendas de abarrotes, talleres de carpintería y herrería.

Factores Sociales: La población fija de La Quebradora en el Censo poblacional del 2000 se estimó de 174 habitantes, de aproximadamente 26 viviendas habitadas, una población económicamente activa de 48 personas y una población analfabeta de 66 habitantes (INEGI, 2006). La clase socioeconómica baja es predominante en la localidad. La mayoría de las viviendas son de madera y láminas de asbesto. No cuentan con servicios públicos de agua potable y luz en toda la localidad, ni con drenaje (usan fosas sépticas). Solo algunas de las viviendas son de materiales de construcción como ladrillo y cemento. Las calles en su mayoría son de tierra compactada y estrechas para que pasen vehículos en dos sentidos, la topografía de esta localidad es tiene desniveles pronunciados, y existen algunos baches grandes en algunas zonas, debido a la lluvia y al material de las calles. El clima típico en el día es subhúmedo cálido, pero en las noches se torna frío debido a la altitud.

Situación Política: La Quebradora es una localidad que depende económicamente de El Paraíso y está a unos cuantos kilómetros al norte de éste; el cual a su vez depende económicamente del ayuntamiento del municipio de Atoyac para su gobierno, organización y administración interna. La Quebradora por ser en propiedad ejidal, es administrada por el Comisariado Ejidal de la Quebradora, el cual esta conformado de 1 Presidente, 1 Secretario, 1 Tesorero, 3 Vocales y 6 Suplentes. Son autoridades auxiliares del municipio, tanto comisariados municipales como comisariados ejidales. Sus funciones son ejercer, en las respectivas jurisdicciones, las atribuciones que les delegue el ayuntamiento, para mantener el orden, la tranquilidad, la paz social, la seguridad y la protección de los vecinos, conforme a lo establecido en los reglamentos respectivos (CNDM-GEG, 2001).

Situación Cultural: La sierra de Guerrero fue muy productiva en los años 70 debido a la alta productividad de café, lo cual enriqueció y acrecentó la población, antiguamente dedicada a la actividad agropecuaria. Sin embargo, en los años 90 inició el declive de la producción cafetalera a nivel mundial; lo cual produjo el abandono de dicha actividad por requerir de mayores insumos de agroquímicos y mano de obra para poder competir. Por lo cual varias de las comunidades rurales de la zona, como la Quebradora y El Paraíso, en vez de llegar a establecer economías regionales que garanticen su subsistencia, se han convertido en localidades con altos niveles de migración, dependencia total de los subsidios gubernamentales y por sobre todo, en poblaciones con poca o nula organización y un alto grado de descomposición social (Galván, 2002).

Crecimiento de la Población: Como localidad de una entidad federativa, La Quebradora presenta la tasa de crecimiento anual del Estado de Guerrero, siendo esta del -0.09% entre los años comprendidos de 1990 al 2000, debido al alto índice de migración de los habitantes hacia EUA (INEGI, 2006); teóricamente en 5 años hubo una migración de 0.783 habitantes. Por lo que para fines prácticos se estimará que para el 2005 se contaba también con una población de 174 hab. Es preocupante que el estado de Guerrero ocupa el primer lugar a nivel de migración interna y

el quinto lugar en cuanto a la migración internacional, pues se estima que más de 128,000 jornaleros salen cada año a los estados del Norte de México (Sonora, Baja California, Sinaloa) para trabajar y 73,000 guerrerenses emigran cada año a Estados Unidos, cabe mencionar que existen dos tipos de migración: los jornaleros agrícolas en la temporada seca y la migración de largo plazo a los Estados Unidos (Sipaz, 2006).

5.4.2 Manejo actual de los RSM en la población

A continuación se hace una breve descripción del manejo actual de los RSM en La Quebradora, considerando cada etapa involucrada con la manipulación de los RSM. La presente información se derivó de la observación en campo de la localidad, de las encuestas realizadas a 60 habitantes de la población de El Paraíso, que a su vez participaron en el estudio de generación realizado en el periodo comprendido entre el 27 de febrero y 8 de marzo del 2006, y de la información recopilada con el Comisario municipal y Comsariado ejidal del periodo 2005-2006 de la localidad de El Paraíso, en la que prácticamente la Quebradora cuenta con los beneficios de una colonia de dicha localidad.

Generación. La generación y composición de residuos de la Quebradora, se asume que es muy similar a la generación estimada para la población de El Paraíso, debido a que la Quebradora en la práctica se considera una colonia de dicha localidad. Dicha generación per cápita se calculó de 0.438 kg/hab-día, de acuerdo a un Estudio de Generación (Ver Anexo III-2 y el Anexo IV) realizado durante 8 días (del 27 de febrero al 8 de marzo del 2006) de acuerdo a la **NMX-AA-061-1985** y un peso volumétrico de 147.27 kg/m³, realizado de acuerdo a la **NOM-AA-19-1985** de Determinación de Peso volumétrico in situ. De acuerdo a la población de 174 habitantes de La Quebradora, estimada en el 2000 inferida por datos del INEGI, se puede apreciar en la siguiente las generaciones per cápita y poblacional que se genera diaria, semanal o mensualmente.

Tabla 5.4.1 Generación per cápita y poblacional en La Quebradora

Frecuencia	Generación per cápita	Generación Poblacional
Diaria	0.438 kg/hab-día	76.21 kg/día
Semanal	3.066 kg/hab-sem	533.48 kg/sem
Mensual	13.140 kg/hab-mes	2,286.36 kg/mes



Fig. 5.4.3 Porcentaje de Residuos Sólidos en El Paraíso

También se determinó, en el mismo estudio, la clasificación y cuantificación de los subproductos generados por los habitantes, de acuerdo al procedimiento descrito en la **NMX-AA-22-1985**, en el cual se presentó la composición de residuos observada en la columna correspondiente a los porcentajes de residuos generados en El Paraíso de la **Tabla 5.2.2** en el apartado correspondiente a AdeLR. Estos datos fueron tomados para analizar los RSM generados en La Quebradora, Guerrero.

Siendo los de mayor porcentaje en peso los residuos orgánicos, los plásticos, los materiales de papel y cartón, el vidrio (transparente) y los residuos sanitarios. En este estudio de generación se encontraron cantidades significativas de otros residuos que no son considerados como sólidos municipales, tales como: residuos peligrosos, residuos de la construcción y residuos especiales, los cuales se mezclan por la población de manera ordinaria, siendo esto un foco de contaminación e inseguridad para la población y sitio de disposición final.

Almacenamiento: No existen contenedores públicos para la población de la localidad, ni en calles ni en la propia carretera. En los domicilios generalmente se utilizan botes de plástico sin tapa, cajas de cartón y costallitas (costales de la maseca) para el almacenamiento mezclado de la gran diversidad de subproductos de RSM.

Barrido: Generalmente un miembro de cada casa-habitación barre la fracción de calle correspondiente a su vivienda, pues no hay servicio de barrido público, es decir, el proporcionado por trabajadores del departamento de limpia del Ayuntamiento, generalmente asignados a barrer los cuadros principales de la cabecera municipal. En días festivos un grupo de habitantes acuerdan limpiar el área después de festejos, como por ejemplo en Día de muertos, para barrer y limpiar el panteón local.

Recolección y Transporte: No existe servicio de recolección proporcionado por el municipio. La mayoría de los habitantes opta por llevar sus residuos al tiradero a cielo abierto que sirve principalmente a la población de El Paraíso, otro porcentaje de la población quema sus residuos y algunos habitantes tristemente tiran sus residuos al cauce de los arroyos del río Atoyac.



Reuso y Reciclaje: El reuso de ciertos materiales como, envases de plástico y vidrio o materiales de papel y cartón, solo se hace de manera privada y en pequeña escala. Tal es el caso de los habitantes que reutiliza las botellas de plástico y vidrio para el envasado de miel. El reciclaje de materiales a nivel domiciliario no se efectúa, como lo es la composta casera o reciclado de papel. No existen programas de aprovechamiento a nivel local ni municipal en la actualidad; sin embargo está por ponerse uno en marcha para la cabecera municipal y El Paraíso (Proregiones, 2006). En La Quebradora existe el acopio de botellas de PET, latas de aluminio y metales por parte de particulares ajenos a la localidad.

Transferencia: No hay transferencia de residuos en estaciones de transferencia; debido a que la localidad se encuentra lejana tanto al tiradero a cielo abierto de El Paraíso, como del sitio de disposición municipal algunos habitantes, con malos hábitos o falta de conocimiento, tiran sus residuos en lotes baldíos o en el río por no tener tiempo o medios para llegar a los tiraderos actuales.

Tratamiento: No existen tratamientos de los residuos ni a nivel local ni a nivel municipal. La práctica de la quema de los residuos no es controlada, pues se hace de manera mezclada. Solo los residuos de jardín reciben un tratamiento natural al ser dispuestos en los jardines y tierras de cultivo para su degradación, pero no se efectúa de manera controlada para la elaboración de composta propiamente.

Disposición Final: El destino final de los RSM de esta localidad es el tiradero a cielo abierto de El Paraíso, por ser de las localidades más cercanas a éste, y el cual se ubica a 10 km aproximadamente. Tan solo en de El Paraíso se disponen por lo menos 5 Ton/día generadas en la población. Dicho sitio, actualmente no cumple con la ubicación y operación de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, pues es un tiradero localizado en una barranca, cercano a un ojo de agua y sin cubierta diaria de los RSM.

5.4.3 SMIRSM propuesto para La Quebradora

Con la información previa de la pequeña localidad en estudio se puede percibir las características de la población, principalmente de los recursos e infraestructura con que cuenta, así como de las carencias para manejar adecuadamente sus residuos sólidos municipales generados. A continuación se aplicará el procedimiento propuesto de cada etapa del SMIRSM para la población de Aldea de los Reyes, Amecameca, como una primera propuesta para el manejo integral de sus residuos sólidos municipales.

5.4.3.1 Almacenamiento

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de almacenamiento integral del SMIRSM para PL.

5.4.3.1.1 Adquirir los contenedores privados/públicos

Para reducir el envío de los residuos aprovechables al sitio de disposición final, tales como los orgánicos y algunos inorgánicos, se requiere contar con 3 contenedores para la separación de los residuos, y para cada uno es necesario contar con el volumen necesario para su almacenamiento.

a) Calcular la capacidad de almacenamiento de RSM

Contenedores Privados. En una casa habitación de La Quebradora, con 5 habitantes en promedio y una frecuencia de recolección de 1 vez por semana, aunque esta sea por parte de los mismos habitantes, que lleven sus residuos a disposición final (o al centro de acopio de la localidad más cercana) se propone la siguiente capacidad de almacenamiento.

Tabla 5.4.2 Capacidad de almacenamiento total privado para La Quebradora

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$G_{Total} = G_{media} \times N_{hab.}$	$(0.438kg / hab \cdot día) \times (5hab) = 2.19kg / día$
2°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$\frac{2.19g / día}{148kg / m^3} = 0.0148m^3 / día$
3°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.0148m^3 / día) \times (7días) = 0.1036m^3$
4°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(0.1036m^3) \times (1.5) = 0.1554m^3$



El volumen de almacenamiento de 5 habitantes de una casa habitación, para almacenar sus RSM durante 1 semana, se recomienda que sea mínimo de 0.1554 m³, es decir 155.4 L. Para fines prácticos, se redondea el valor, para considerar una capacidad de 160 L.

Sin embargo, el almacenamiento integral requiere que se separen los residuos sólidos municipales en orgánicos, inorgánicos y sanitarios, por lo que la capacidad de este contenedor debe ser repartido en 3 partes proporcionalmente, de acuerdo a la composición estimada en el Estudio de Generación. De manera particular en este caso en el que fue posible identificar el porcentaje de residuos que no son RSM, pero que se están mezclando con estos en la actualidad, tales como residuos peligrosos, especiales y de la construcción, también es necesario contemplar el área de almacenamiento proporcionado para éste, de manera separada. Para fines prácticos, los contenedores, pueden ser de iguales dimensiones, aunque no está por demás que la capacidad esté sobrada, siempre y cuando la economía de los habitantes lo permita.

Tabla 5.4.3 Capacidad de almacenamiento privado por tipo de residuos para La Quebradora

Porcentaje de Residuos	Capacidad de almacenamiento para cada tipo de residuo
Residuos Orgánicos = 59 %	$160L \times 0.59 = 94.4L = 94L$
Residuos inorgánicos = 26 %	$160L \times 0.26 = 41.6L = 42L$
Residuos Sanitarios = 12 %	$160L \times 0.12 = 19.2L = 19L$
No RSM = 3 %	$160L \times 0.03 = 4.8L = 5L$

Nota: la capacidad para el almacenamiento de los No RSM, debe ser dividido en tres partes proporcionalmente, siguiendo la metodología propuesta. Para fines prácticos sería suficiente tener 3 contenedores de 1L para el almacenamiento de 1 semana de residuos peligrosos, especiales y de construcción respectivamente.

Contenedores Públicos. En la localidad de La Quebradora, con 174 habitantes (aproximadamente) y una frecuencia de recolección de 1 vez por semana, se propone la siguiente capacidad de almacenamiento, si hay viabilidad por parte de los habitantes en construir o conseguir contenedores públicos.

Tabla 5.4.4 Capacidad de almacenamiento total de contenedores públicos para La Quebradora

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1°	$G_{Total} = G_{media} \times N_{hab.}$	$(0.438kg / hab \cdot día) \times (174hab) = 76.21kg / día$
2°	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$\frac{76.21kg / día}{148kg / m^3} = 0.515m^3 / día$
3°	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.515m^3 / día) \times (7días) = 3.605m^3$
4°	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(3.605m^3) \times (1.5) = 5.408m^3$

El volumen de almacenamiento de 424 habitantes de una casa habitación, para almacenar sus RSM durante 7 días, se recomienda que sea mínimo de 5.408 m³, es decir 5,408 L. Para fines prácticos, se redondea el valor, para considerar una capacidad de 5,400 L. Sin embargo, el almacenamiento integral requiere que se separen los residuos sólidos municipales en orgánicos, inorgánicos y sanitarios, por lo que la capacidad de este contenedor debe ser repartido en 3 partes proporcionalmente, de acuerdo a la composición estimada en el Estudio de Generación. Para fines prácticos pueden ser de iguales dimensiones, aunque no está por demás que la capacidad esté sobrada, siempre y cuando la economía de la localidad y el municipio lo permita.

Tabla 5.4.5 Capacidad de almacenamiento de contenedores públicos por tipo de residuos para La Quebradora

Porcentaje de Residuos	Capacidad de almacenamiento para cada tipo de residuo
Residuos Orgánicos = 59 %	$5400L \times 0.59 = 3186L$
Residuos inorgánicos = 26 %	$5400L \times 0.26 = 1404L$
Residuos Sanitarios = 12 %	$5400L \times 0.12 = 648L$
No RSM = 3 %	$5400L \times 0.03 = 162L$



Nota: la capacidad para el almacenamiento de los No RSM, debe ser dividido en tres partes proporcionalmente, siguiendo la metodología propuesta. Para fines prácticos sería suficiente tener 3 contenedores de 54 L para el almacenamiento de 1 semana de residuos peligrosos, especiales y de construcción respectivamente.

Nota: Para reducir el espacio ocupado por el volumen de los RSM, tanto en los contenedores privados como en los públicos, es necesario que los generadores al ir colocando sus residuos en los contenedores los compacten (con sus propias manos cubiertas o con herramientas auxiliares). Si se construyen estos contenedores o compran, con tales dimensiones, se evitará el consumo de bolsas de plástico para desechar en cada recolección (lo cual acrecienta la cantidad de residuos plásticos que se destinan a los rellenos sanitarios o que se les debe dar tratamiento para su reciclaje) y la disposición de los RSM en lotes baldíos, o aceras de la carretera, de la propia localidad.

b) Calcular el número de contenedores requeridos

Contenedores privados. En este caso, en el que el volumen de cada uno de los contenedores para los diferentes 3 tipos de residuos a almacenar, no rebasa las dimensiones para que estos sean divididos en dos o más recipientes, no es necesario aplicar el cálculo para cuantificar el número de contenedores requeridos. Este solo aplica para cuando se crea necesario repartir el espacio de la capacidad de los recipientes en 2 o más partes.

Contenedores públicos. En este caso, en el que el volumen de cada uno de los contenedores para los diferentes 3 tipos de residuos a almacenar, no rebasa las dimensiones para que estos sean divididos en dos o más recipientes, no es necesario aplicar el cálculo para cuantificar el número de contenedores requeridos. Basta con colocar los contenedores públicos en el área más céntrica de la localidad para que los habitantes puedan disponer sus residuos en estos durante una semana.

c) Seleccionar un contenedor

Ídem al inciso (c) correspondiente en la localidad de AdeLR.

d) Diseñar y fabricar el contenedor

Para el caso concreto de esta aplicación, se desarrollara el diseño del contenedor para residuos orgánicos (de forma cilíndrica), y el de residuos inorgánicos (de forma rectangular), el de residuos sanitarios puede seguir el cálculo similar a cualquiera de los dos anteriores, tomando en cuenta la forma y la capacidad requerida.

Tabla 5.4.6 Diseño de contenedores públicos para La Quebradora

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1º	Para el recipiente de residuos orgánicos: $V_{requerido} = \frac{3.14 \times D^2 \times h}{2}$	Si fijamos un diámetro de 0.30 m, se puede calcular la altura necesaria del recipiente, despejando h de la ecuación anterior: $h = \frac{2V_{requerido}}{3.14D^2} \rightarrow h = 0.48m$ Se requiere un contenedor cilíndrico de: 30 cm x 48 cm
2º	Para el recipiente de residuos inorgánicos: $V_{requerido} = h \times l \times a$	Si fijamos una altura de 0.30m y una longitud de 0.45m, se puede calcular la angostura de este, despejando a de la ecuación anterior: $a = \frac{V_{requerido}}{hl} \rightarrow a = 0.22m$ Se requiere un contenedor rectangular de: 30 cm x 20 cm x 33 cm

Si se requieren construir o encontrar contenedores no comerciales con estas dimensiones, aproximadamente, se pueden encontrar las opciones de contenedores para la localidad de Aldea de los Reyes en la Figura 5.2.4 de Tipos de contenedores no comerciales



e) **Seleccionar un contenedor domiciliario o público.**

Ídem con el inciso (e) correspondiente a la localidad de AdeLR.

5.4.3.1.2 Dar mantenimiento a los Contenedores

Ídem al inciso (5.2.3.1.2) correspondiente en la localidad de AdeLR.

Las dimensiones calculadas de los contenedores de los RSM separados para las casas-habitación de La Quebradora son de 94, 42 y 19L respectivamente, para un almacenamiento de 7 días. Estos contenedores deben estar colocados en el exterior de las viviendas, para ir almacenando diariamente los RSM contenidos en los pequeños recipientes distribuidos en cada cuarto de la vivienda, generados por los habitantes en el transcurso del día. Los contenedores de residuos orgánicos y sanitarios de 94 L y 19 L, principalmente, son los que deben estar colocados en el exterior de las viviendas sobre todo por la duración de días de almacenamiento, en la que no es sanitario ni saludable para los habitantes de la vivienda, que estos se conserven en el interior.

5.4.3.1.3 Separar y Almacenar los Residuos

Ídem al inciso (5.2.3.1.3) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.4.3.2 Barrido

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de barrido integral del SMIRSM para PL.

5.4.3.2.1 Estimar características de los residuos en calles y áreas públicas

Ídem al inciso (5.2.3.2.1) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.4.3.2.2 Determinar características de las calles de la localidad

El tipo de calles que predomina en La Quebradora son en su totalidad de terracería, de las cuales sus longitudes transversales varían entre 2 y 4 m. En época de lluvias son considerablemente dañadas, debido a los encharcamientos. El grado de limpieza de las calles es de Clase B, debido a que se encuentran pocos RSM en las principales calles. Sin embargo se encuentran algunos tramos o lotes baldíos con presencia de RSM como pequeños tiraderos clandestinos.

5.4.3.2.3 Determinar tipo de barrido: manual y mecánico

En esta localidad no es viable operar una barredora mecánica, debido a su lejanía con la cabecera municipal (que es en donde se encuentran dando servicio) y además el tipo del terreno no lo permite. El barrido en La Quebradora debe continuar siendo manual.

5.4.3.2.4 Determinar prestador del servicio de barrido

Sería poco práctica la contratación de un prestador del servicio de barrido o barrendero, debido a las cantidades de residuos generados en las calles de la localidad; e inviable uno consignado por el ayuntamiento, los cuales generalmente los destinan para zonas urbanas y con grandes poblaciones. Hasta el momento la población se ha encargado del barrido de sus propias calles y es muy recomendable que se continúe realizando esta actividad, como parte de la responsabilidad de los pobladores por mantener su localidad limpia. Para hacer más eficiente el sistema de barrido, se propone el siguiente plan de barrido en el que participan la mayoría de las casas de La Quebradora.

Tabla 5.4.7 Designación del ejecutor de barrido de las calles para La Quebradora

Área por barrer	Frecuencia de barrido	Ejecutor del barrido
Calles principales con casas habitadas	Diariamente	Habitantes que tienen predio en esa calle + Vecino voluntario
Calles principales con casas deshabitadas, lotes baldíos	Cada tercer día	Vecino voluntario
Calles secundarias	Diariamente	Habitantes que tienen predio en esa calle
Plaza central	Cada tercer día	Vecino voluntario



Ídem al inciso (5.2.3.2.4) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.4.3.2.5 *Determinar equipo para el barrido*

Ídem al inciso (5.2.3.2.5) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.4.3.2.6 *Determinar ruta del barrido*

Ídem al inciso (5.2.3.2.6) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.4.3.2.7 *Realizar el barrido eficientemente y con separación*

Ídem al inciso (5.2.3.2.7) correspondiente en la localidad de AdeLR.

5.4.3.2.8 *Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles*

Si la población misma no esta convencida de que la limpieza de sus calles, además de mejorar la imagen ambiental de su localidad, también propicia un ambiente limpio y sano para sus habitantes, entonces difícilmente se podrá dar continuidad a un barrido eficiente de las calles de la localidad. Durante las juntas vecinales es recomendable que se invite a los pobladores de La Quebradora a mantener sus calles y arroyos limpios y a vigilar que los visitantes también lo hagan. Es posible que el comisariado ejidal y los representantes ejidales, formen un comité para divulgar entre la población, la necesidad de que los vecinos voluntarios barran las calles que no correspondan a sus predios, mediante un mecanismo organizado.

5.4.3.3 *Recolección*

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de recolección integral del SMIRSM para PL.

5.4.3.3.1 *Escoger el sistema de recolección*

De acuerdo a las características de la población y localidad de La Quebradora, así como de los recursos materiales y económicos, y su ubicación tan cercana a la localidad de El Paraíso, se contesta la Guía para selección del método de recolección recomendada en la Tabla 4.5.3 del SMIRSM con la siguiente configuración: I. 1-no, 2-sí, II. 3-a's, 1-b y 6-c, de la guía de preguntas para seleccionar un Sistema de Recolección del procedimiento, el sistema de recolección requerido puede configurarse de un sistema público de recolección con exclusivamente el método de recolección de contenedores.

Para tener el sistema público de recolección, se debe solicitar al Ayuntamiento que el sistema de recolección sea de por lo menos de 1 vez por semana con el método de recolección de los contenedores. La recolección debe ser separada para los residuos inorgánicos reciclables y los residuos inorgánicos no reciclables. Al realizar composta casera en cada casa-habitación o a nivel local, ya no es necesaria la recolección de residuos orgánicos por parte del ayuntamiento, a excepción de materiales más grandes, e inclusive como animales muertos, los cuales deben ser dispuestos en celdas especiales en el sitio de disposición del municipio o de la propia localidad.

5.4.3.3.2 *Calcular las dimensiones del vehículo recolector*

Para ver si el vehículo recolector con que cuenta esta localidad es suficiente, se realizan los cálculos sugeridos en el procedimiento:

Tabla 5.4.8 Dimensiones del vehículo recolector necesario para La Quebradora

No.	Ecuaciones	Descripción de Variables
1º	$P_{servir} = A_{servir} \times \rho_{media}$	424hab
2º	$G_{Total} = G_{media} \times P_{servir}$	$(0.438kg / hab \cdot día) \times (174hab) = 76.20kg / día$
3º	$V_{diario} = \frac{G_{Total}}{PV}$	$\frac{76.20kg / día}{200kg / m^3} = 0.381m^3 / día$
4º	$V_{requerido} = V_{diario} \times F_{recolección}$	$(0.381m^3 / día) \times (7 días) = 2.667m^3$
5º	$V_{diseño} = V_{requerido} \times F_s$	$(2.667m^3) \times (1.5) = 4.001m^3$



Por lo que para una población de 174 habitantes con una frecuencia de recolección de 1 vez por semana, es suficiente un vehículo recolector de 4 m³ de capacidad, para trasladar los residuos mezclados, sin embargo, como el sistema es integral, la recolección también es separada, por lo que se requiere la siguiente capacidad de recolección separada:

Tabla 5.4.9 Capacidad de recolección separada para La Quebradora

Tipo de residuo	Capacidad de Recolección
R. Orgánicos (59%)	$4m^3 * 0.59 = 2.36m^3$
R. Inorgánicos reciclables (17%)	$4m^3 * 0.17 = 0.68m^3$
R. Inorgánicos no reciclables (9%) + R. Sanitarios (12%)	$4m^3 * 0.21 = 0.84m^3$
R. Peligrosos y R. Especiales (incluyendo de construcción (3%))	$4m^3 * 0.12 = 0.68m^3$

Por lo que se puede observar que los vehículos de recolección para los residuos almacenados de la localidad en 1 semana, pueden ser de capacidades muy pequeñas, de entre 1 y 2.5m³ inclusive impulsadas por animales o la mano de algún habitante asignado. Si se almacenan los residuos de todos los habitantes por un periodo más grande, entonces se debe calcular la capacidad de recolección, que si rebasa los 6m³, entonces será necesario el apoyo del servicio de recolección pública por parte del Ayuntamiento.

5.4.3.3 *Asignar el personal para prestar el servicio de recolección*

Como se trata de un vehículo de capacidad pequeña, sería suficiente con que el mismo conductor del vehículo sea el que tome los RSM dispuestos en los contenedores públicos por los habitantes. Si el vehículo recolector es proporcionado por el Ayuntamiento, será el mismo para la recolección de varias localidades, incluyendo la de El Paraíso, por ejemplo, y al ser mayor cantidad de RSM y casas por recolectar, entonces se requerirá de uno o dos ayudantes. La capacitación sugerida debe ser tomada en cuenta para que el operador éste consiente del servicio que proporciona, que opere adecuadamente la unidad y haga el servicio de manera responsable.

Si el vehículo recolector no lo proporciona el Ayuntamiento, y la población desea el sistema de recolección por contenedores, entonces se deberá disponer de una carretilla o carro impulsado por un animal de carga o por un prestador del servicio, el cual deberá recibir una remuneración por su trabajo, por parte de la población.

5.4.3.4 *Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores*

La mayoría de los recicladores prefieren recibir el material que reciclen con la mínima cantidad de contaminantes (otros residuos). E inclusive lo compran a mayor precio si éste ha recibido un acondicionamiento adecuado (ver tabla de Especificaciones de compra en Infraestructura para comercializar materiales de reuso y reciclaje). Sin embargo, el factor que determina si los recicladores se hacen cargo de la recolección y transporte de los residuos separados, es la cantidad (1Ton aproximadamente). Por lo cual mientras no exista un Centro de Acopio en el municipio (en la cabecera municipal, por lo menos), en La Quebradora no se podrá convenir el transporte con Empresas recicladoras grandes, por lo que deben convenir con pequeños recicladores, quienes normalmente ellos son los que recolectan los RSM de varias localidades, e inclusive en la pepenación directa del sitio de disposición final o de los contenedores públicos o quienes en su comercio (tiendas de materiales o abarrotes) fungen de centro de acopio a pequeña escala.

5.4.3.5 *Diseñar las rutas de recolección*

No aplica el diseño de rutas de recolección en La Quebradora, debido a que los únicos sistemas para poner los RSM en un sitio seguro para su disposición final o para su aprovechamiento, es mediante contenedores públicos, o mediante el acarreo de los propios residuos generados de cada casa-habitación al sitio de disposición local. La recolección de contenedores públicos efectuada, por personal del Ayuntamiento o por recicladores privados (grandes o pequeños), solo tendría que recolectar 1 contenedor por viaje, respectivamente, por lo cual tampoco amerita una ruta de recolección.

5.4.3.6 *Recolectar los residuos de acuerdo al sistema*

El sistema de recolección más apropiado que se propone para La Quebradora es el siguiente:



Recolección de los contenedores con residuos inorgánicos reciclables. Deberá ser efectuado por el prestador del servicio de recolección pagado por el ayuntamiento o por la localidad, y la recolección incluye el vaciado o traslado del contenedor público hasta el centro de acopio más cercano. Si la localidad no puede pagar los servicios de un particular (proponer propinas), entonces cada miembro representante de cada vivienda de la localidad, deberá ser un recolector voluntario. Si actualmente existen 26 viviendas habitadas, entonces la rotación para la recolección de los RSM puede ser cada 25 semanas.

Recolección de los contenedores con residuos inorgánicos no reciclables más los residuos sanitarios. Deberá ser efectuado por el prestador del servicio de recolección pagado por el ayuntamiento o por la localidad, y la recolección incluye el vaciado o traslado del contenedor público hasta el sitio de disposición final más cercano o el local. Si la localidad no puede pagar los servicios de un particular (proponer propinas), entonces cada miembro representante de cada vivienda de la localidad, deberá ser un recolector voluntario. Si actualmente existen 26 viviendas habitadas, entonces la rotación para la recolección de los RSM puede ser cada 25 semanas.

Recolección de los residuos orgánicos. Deberá ser efectuado por el particular que elaborará la composta a nivel local, el cual deberá pagar el mismo el servicio si este se hace para la comercialización privada del producto, o deberá cobrar el servicio a la localidad, si está solo se elaborará para la disminución de RSM de la localidad. Si la localidad no puede pagar los servicios del particular (proponer propinas), entonces cada miembro representante de cada vivienda de la localidad, deberá ser un recolector voluntario. Si actualmente existen 26 viviendas habitadas, entonces la rotación para la recolección de los RSM puede ser cada 25 semanas.

5.4.3.3.7 Llevar los residuos a su destino próximo

Los únicos destinos próximos de los RSM ya sea dispuestos por la población de La Quebradora en los contenedores públicos o privados de sus propias casas, deben ser los siguientes: el centro de acopio más cercano, para los residuos inorgánicos reciclables, el sitio de disposición final más cercano o local, para los residuos inorgánicos no reciclables y residuos sanitarios, y el área para la elaboración de composta, para los residuos orgánicos.

5.4.3.3.8 Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos

Al contar con las dimensiones de las cajas de los vehículos recolectores, particulares o del Ayuntamiento, y en su momento, de los contenedores, se podrá estimar el volumen manejado de RSM para su aprovechamiento y disposición final. Datos más precisos se pueden obtener en el momento del pesaje de los materiales para su comercialización (con y sin centro de acopio) para el caso de los residuos inorgánicos aprovechables, y en las pilas de composta locales para los residuos orgánicos. Es importante llevar un inventario de los residuos manejados durante la recolección, para monitorear la generación de la población y la eficiencia del sistema de manejo integral de los RSM de La Quebradora. Este puede ser llevado por alguna comisión encargada, conformada por un grupo asignado dentro de la localidad.

5.4.3.4 Reuso y Reciclaje

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de reuso y reciclaje integral del SMIRSM para PL.

5.4.3.4.1 Seleccionar y clasificar los materiales aprovechables

1. Realizar el inventario de los materiales aprovechables generados en la localidad.

En el inventario elaborado para El Paraíso, y correspondiente también a La Quebradora, mostrado en la tabla siguiente, se encontró que no todos los RSM pueden ser aprovechables: reusados o reciclados en casa o comercializados para su uso y reuso, por lo cual de la siguiente lista se tachan los subproductos que no pueden ser aprovechables, seleccionando minuciosamente los potencialmente reciclables y de los cuales se determina que representan el 76.339% en peso de los RSM generados en La Quebradora. Es decir, que de los 2285.79 kg/mes generados en la localidad, 1744.88 kg pueden ser aprovechables.



Tabla 5.4.10 Inventario de subproductos reciclables en La Quebradora

Residuos	Subproducto	%	kg/mes
Orgánicos	R. Alimentos	20.048	458.07
	R. Jardín	39.158	895.15
Inorgánicos	Hule	-	-
	Metales	1.762	40.28
	Hojalata	0.721	16.48
	Lata de aluminio	0.415	9.49
	Material ferroso	0.164	3.75
	Material no ferroso	0.462	10.56
	Plásticos	5.022	114.81
	PET	2.107	48.17
	PEAD	1.700	38.86
	PEBD	1.139	26.04
	Plásticos varios	-	-
	PVC	0.076	1.74
	Unicel	-	-
	Papel y cartón	3.897	89.08
	Cartón	2.512	57.42
	Cartón encerado	-	9.99
	Papel aluminizado	-	7.32
	Papel de impresión	1.133	25.90
	Papel de revista	-	2.77
	Papel encerado	-	11.52
	Periódico	0.252	5.76
	Multicapas	0.556	12.71
	Textiles (Fibras)	1.548	35.39
	Varios	-	-
	Cuero	-	-
	Loza y Cerámica	-	-
	Madera	-	-
	Otros (cera y ceniza)	-	-
	Residuo fino	-	-
	Vidrio	4.348	99.40
Sanitarios	R. Sanitarios	-	-
No RSM	R. Peligrosos	-	-
	R. Construcción	2.689	61.47
	R. Especiales	-	-
Totales		76.339	1744.88

Nota: Se tacharon de la lista de subproductos de materiales no aprovechables

- Investigar los costos unitarios actuales de los materiales aprovechables.

La investigación de los costos unitarios, y su correspondiente ganancia potencial mensual, de los subproductos generados en La Quebradora se muestran en la siguiente tabla 5.4.11, la cual se elaboró con los datos obtenidos del Anexo 2 del documento "Precios de los Materiales



Recuperados a través de la Pepena" elaborado por Thesis Consultores para el INE. En la cual los costos unitarios señalados con ^a y ^b son los precios obtenidos de pepenadores, centros de acopio, recolectores y recicladores entre 1994-2001 y el 2002, respectivamente. Los señalados con ^c muestran el precio obtenido en centro de acopio de Ecatepec, Edo. Mex. el 2002 (Thesis Consultores, 2002). Los subproductos marcados NC, significa que se encontró que no son comerciables, pero que su ganancia potencial se verá reflejada en la reducción del envío de residuos a la disposición final y en la producción de abono orgánico casero, o usado como combustible, que puede ser aprovechado por la localidad. El valor con ND significa que no está disponible, pues su información no fue posible conseguir.

Tabla 5.4.11 Inventario de subproductos reciclables, generados en La Quebradora

Residuos	Subproducto Aprovechables	Reciclables		Costo unitario	Ganancia Potencial
		%	kg/mes	\$/kg	\$/mes
R. Orgánicos	R. Alimentos	20.048	458.07	NC	Abono orgánico casero
	R. Jardín	39.158	895.15	NC	Abono orgánico casero
R. Inorgánicos	Metales	1.762	40.28	0.20 a 9.50 ^a	28.2 – 208.59
	Hojalata	0.721	16.48	0.20 a 0.80 ^a 2.20 ^b	3.30 a 36.26
	Lata de aluminio	0.415	9.49	2.10 a 9.50 ^a 5.5 ^b	19.93 a 90.16
	Material ferroso	0.164	3.75	0.20 a 0.80 ^a 2.20 ^b	0.75 a 8.25
	Material no ferroso	0.462	10.56	0.40 a 1.00 ^a 2.00 a 7.00 ^b	4.22 a 73.92
	Plásticos	5.022	114.81	0.5 ^a	57.41
	PET	2.107	48.17	0.50 ^a	24.08
	PEAD	1.700	38.86	0.50 ^a	19.43
	PEBD	1.139	26.04	0.50 ^a	13.02
	PVC	0.076	1.74	0.50 ^a	0.87
	Papel y Cartón	3.897	89.08	0.10 a 1.00	18.54 a 78.58
	Cartón	2.512	57.42	0.20 a 1.00 ^a 0.48 ^b	11.48 a 57.42
	Papel de impresión	1.133	25.90	0.25 a 0.40 ^a 0.75 ^b	6.48 a 19.43
	Periódico	0.252	5.76	0.10 a 0.30 ^c	0.58 a 1.73
	Tetrapak	0.556	12.71	ND	ND
	Textiles (Fibras)	1.548	35.39	NC	Combustible
Vidrio	4.348	99.40	0.10 a 0.55 ^a 4.00 \$/costal ^b	9.94 a 54.67	
Total		76.339	1744.88	0.10 a 9.5	399.25

Nota: los residuos de construcción no son considerados como RSM, sin embargo si son materiales que se pueden aprovechar en la propia localidad, como material de rellenos para calles o construcción de casas.

Son materiales reciclables comerciables: Metales, Vidrio, Papel y Cartón, Plásticos (PET, PEAD, PEBD y PVC) y Vidrio. En la tabla anterior se observa que la comercialización más redituable se concentra entre los materiales metálicos (hasta 208.59 \$/mes) y principalmente el aluminio de los metales (90.16 \$/mes), seguido del Papel y Cartón (hasta 78.58 \$/mes). Del plástico se pueden recuperar 57.41 \$/mes y de vidrio solo se pueden obtener hasta 54.67 \$/mes. Los residuos de alimentos y jardín se pueden "donar" para la producción de abono orgánico (composta), los textiles pueden servir de combustible y el multicapas puede ser acopiado y redituable vender en centros de acopio específicos, pero no se consiguió dato de su costo unitario, aunque se sabe que la empresa Tetra Pak, trabaja con los municipios que lo acopian en cantidades considerables y condiciones aceptables (Tetrapak®, 2006).



5.4.3.4.2 *Asignar la forma de reuso/reciclaje*

Los materiales aprovechables resultaron ser el 76.339% del peso total de los RSM generados en La Quebradora. Se observa que el reuso de ciertos materiales metálicos, plásticos, de papel, de cartón y de vidrio, puede ser muy escaso a nivel domiciliario, pero a nivel local pueden contribuir a la formación de más materias primas. El material de residuos orgánicos se puede reciclar, tanto a nivel domiciliario como a nivel local, transformando la materia orgánica en composta (abono orgánico).

La asignación de forma de reuso y reciclaje, ya sea tanto a nivel local como a nivel domiciliario (casa-habitación) para cada material identificado como aprovechable en la localidad es factible llevarse a cabo como en la localidad de AdeLR. Ver tabla 5.2.15 correspondiente en el apartado de la localidad de AdeLR.

5.4.3.4.3 *Acondicionar los materiales*

Los materiales que se pueden aprovechar en casa o mediante su comercialización, para reuso y/o reciclaje se pueden acondicionar en la propia fuente de generación o en el Centro de Acopio de la localidad más cercana o de la cabecera municipal. Existen varias tiendas de abarrotes en la cabecera municipal que acopian determinados subproductos provenientes de los RSM.

1. En la propia fuente de generación.

Si los habitantes de la localidad desean aprovechar al máximo la vida útil de sus residuos generados en la propia casa, como principal fuente de generación de RSM, o entregarlos a los recolectores en las mejores condiciones posibles, pueden dar cierto acondicionamiento a los materiales para poder usarlos o reciclarlos higiénicamente. Se sugiere ver el punto 4.4.2.2 de Acondicionamiento de materiales aprovechables del Capítulo IV para preparar los materiales en la propia casa-habitación.

2. En el Centro de Acopio.

Por la cantidad de residuos, potencialmente reciclables y comerciables, generados en la localidad no es viable la construcción de un Centro de Acopio en la localidad, bastaría con los 3 contenedores públicos para los RSM separados y los otros 3 contenedores públicos para los no RSM separados; pues los costos serían muy elevados y difícilmente sostenibles por la población. Si en la Cabecera municipal o en El Paraíso se ubicaran Centros de acopio, por su cercanía en distancia, La Quebradora podría aportar con 391.66 kg/mes de materiales reciclables ocupando un volumen aproximado de 1,958 L/mes. Al disponer separadamente los residuos en los contenedores correspondientes a su tipo, la localidad puede prescindir del centro de acopio, quedando la responsabilidad de almacenamiento separado en gran escala, a los recicladores o al propio municipio.

5.4.3.4.4 *Seleccionar la vía de comercialización*

Ídem al inciso (5.2.3.3.4) correspondiente en la localidad de AdeLR.

No sería una fuente de ingresos muy significativa para un solo habitante (o familia) de La Quebradora el acopio de todos los materiales reciclables de la localidad, a menos que este funja como un intermediario o empresa recicladora de RSM generados recolectados en varias localidades. Si un solo habitante (o grupo de estos) reciclara los 1,353 kg de residuos orgánicos mensuales, pudiera obtener cerca de 1Ton de composta para comercializar como abono orgánico.

5.4.3.4.5 *Comercializar los materiales reciclables*

Los materiales reciclables que se tienen que comercializar para su aprovechamiento requieren del contacto con empresas recicladoras o pequeños recicladores y del negocio del precio de los materiales a vender.

1. Contactar a las empresas recicladoras o pequeños recicladores.

Debido a que La Quebradora se encuentra localizada en la Sierra del Municipio de Atoyac de Álvarez, al sur del Estado de Guerrero, se requiere hacer la investigación de empresas recicladoras tanto en la Cabecera municipal como en los siguientes municipios y estados más cercanos.



Tabla 5.4.12 Localidades factibles para comercializar los materiales aprovechables de La Quebradora

Colindancia	Municipio	Estado
Norte	San Miguel Totolapan General Heliodoro Castillo	Guerrero
Oeste	Techan de Galeana	Guerrero
Sur	Benito Juárez	Guerrero
Este	Coyuca de Benitez Acapulco de Juárez	Guerrero

- Negociar el precio de los materiales a vender.

Las ganancias en La Quebradora ascenderían a 399.25 \$/mes del total de residuos inorgánicos reciclables, tales como metales, papel y cartón, plástico y vidrio; además de la comercialización de la casi 1Ton/mes potencial a obtener de los residuos orgánicos (normalmente se puede vender entre 1\$ y 5\$ el kg de composta). Es decir que al mes se pueden obtener 1399.25 \$ por la comercialización de los RSM. Por lo cual conviene que la localidad de La Quebradora se asocie con localidades vecinas y de la cabecera municipal, para poder sumar sus subproductos comerciables. Generalmente el reciclador corre con los gastos del transporte de los residuos, cuando son cargas de 0.5 a 1 Ton.

5.4.3.5 Transporte y Transferencia

No aplica, debido a que la distancia del sitio de disposición más cercano, el de El Paraíso, es menor a 10 km. Si se pensara en trasladar los RSM de La Quebradora al sitio de disposición de la cabecera municipal, los gastos para el transporte serían muy elevados, y difícilmente costeables por la localidad y el Ayuntamiento.

5.4.3.5.1 Determinar la conveniencia de la estación de transferencia

La Quebradora no cuenta con el servicio de recolección de RSM, por parte del ayuntamiento. Como ya se sabe esta localidad se encuentra ubicada a más de 100 km de la cabecera municipal y a 10 km de El Paraíso. Suponiendo que La Quebradora contara con su propio vehículo de recolección y se dirigiera directamente al sitio de disposición o centros de acopio en la Cabecera Municipal o en El Paraíso, entonces el tiempo de recorrido sería el mostrado en la siguiente tabla, utilizando la siguiente relación $t=d/v$; en donde se puede observar que la transferencia de los residuos para esta localidad no son operables.

Tabla 5.4.13 Tiempos de recorrido de una posible transferencia de RSM en La Quebradora

Tipo de vehículo recolector	Velocidad promedio, v (km/h)	Distancia por recorrer, d	
		A El Paraíso, 10 km	A la Cabecera municipal, 100 km
		Tiempo de recorrido, t (h)	
vehículo de tiro manual	1.5	6.67	66.67*
vehículo de tiro animal	3.5	2.86	28.57*
vehículo de tiro motorizado	5.5	1.82	18.18*
vehículo motorizado	40	0.25	2.5

Nota: * son tiempos de recorridos inoperables

Por lo tanto **No Aplican** los Puntos de Sigüientes: *Escoger el sistema de transferencia, seleccionar o diseñar la estación de transferencia, determinar las actividades de operación en la estación de transferencia, diseñar las rutas de transferencia, asignar el personal para prestar el servicio de transferencia, transferir los residuos a su destino próximo, realizar el inventario de residuos transferidos.*



5.4.3.6 Tratamiento

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento del tratamiento integral del SMIRSM para PL.

5.4.3.6.1 Seleccionar el tipo de Tratamiento

De acuerdo a las características de la localidad, rural en su mayoría, en principio por ser propiedad ejidal en su totalidad y en segunda por que sus principales actividades económicas a desarrollar en la propia localidad son la agricultura y silvicultura, el tratamiento que puede desarrollar la población a nivel local y a nivel domiciliar es el tratamiento biológico de los residuos orgánicos, mediante compostaje.

Tabla 5.4.14 Tratamientos seleccionados para aprovechar RSM en La Quebradora

Tipo de Residuos	Tratamiento	Proceso
Residuos Orgánicos	Composta a nivel domiciliar	Ver Anexo V
Residuos Orgánicos	Composta a nivel local	Ver Anexo VI

Por las cantidades de materiales inorgánicos generados en la localidad, no sería rentable la producción de materia prima a partir del tratamiento de estos, por lo cual conviene que estos sean acopiados y tratados por una empresa recicladora, que completa las cantidades de materiales para su producción, con el acopio de RSM generados en varias localidades e inclusive municipios y estados.

Si en la localidad se gestiona un mercado de reciclaje de materiales inorgánicos, se deben acopiar generosas cantidades de otras localidades vecinas, para el tratamiento de vidrio, metal, papel y cartón, para la elaboración de productos artesanales principalmente.

Si en el municipio se gestiona un mercado de reciclaje de vidrio, metal, plástico, textiles, multicapas, papel y cartón, se deben acopiar generosas cantidades dentro del municipio, para el tratamiento de estos, con tecnología avanzada.

5.4.3.6.2 Disponer de un área de almacenamiento

El volumen requerido para almacenar los 315.75 kg de residuos orgánicos generados durante una semana en la localidad es de aproximadamente de 1.58m³, el contenedor público de 2360L, solo está diseñado para ser recolectado en 7 días o almacenar los residuos antes de colocarlos en los composteros caseros o pilas de composta locales. Por lo cual, no será suficiente si se requiere como almacenamiento de la materia para la producción de composta, ya que este proceso tarda aproximadamente de 4 semanas a 3 meses.

La composta a nivel domiciliar y local requiere de la siguiente capacidad de almacenamiento mostrada en la tabla siguiente, para brindar tratamiento a los 45.11 kg/día (0.258 kg/hab-día) generados de residuos orgánicos por la población.

Tabla 5.4.15 Capacidad de almacenamiento para compostaje en La Quebradora

Tratamiento	Frecuencia	Cantidad de Residuos Orgánicos a procesar	Capacidad de almacenamiento (contenedores o terreno)
Composta domiciliar (5 habitantes)	1 mes	38.7 kg	0.194 m ³
	3 meses	116.1 kg	0.581 m ³
Composta local (425 habitantes)	1 mes	1353.3 kg	6.77 m ³
	3 meses	4059.9 kg	20.30 m ³

Nota: Considerando un peso volumétrico general de 200kg/m³.

5.4.3.6.3 Realizar la separación del material a procesar

Los residuos orgánicos deben ser separados de cualquier material contaminante, debido a que estos desaceleran el proceso de biodegradación por los microorganismos o lombrices.

5.4.3.6.4 Acondicionar los materiales

La materia orgánica a procesar para la elaboración de composta como abono orgánico, solo debe ser almacenada por dos o tres días en el contenedor (colocado en las casas-habitación o contenedor público), para que la materia ya iniciada en el proceso de descomposición esté lista para introducirse en el compostero o pilas de composta. Los residuos tratados como se describe en los Anexos V y VI, para elaboración de composta casera o local, deben ser: triturados (cuando estos sean muy voluminosos, tales como ramas, trozos de carne y hueso) antes de ser



almacenados, y deben ser humedecidos y aireados, durante el almacenamiento, para que los microorganismos puedan vivir y transformar los residuos orgánicos en composta.

5.4.3.6.5 Realizar el tratamiento y obtener producto final

El tratamiento biológico efectuado a los residuos orgánicos, de origen alimenticio o de jardín, para la elaboración de abono orgánico se debe efectuar de acuerdo a los procedimientos descritos en los Anexos V y VI, correspondientes a la elaboración de composta casera y local. El producto final debe ser una tierra húmeda con olor agradable, que puede ser utilizada como abono orgánico para las tierras de cultivo.

5.4.3.6.6 Canalizar el producto final acondicionado o transformado

El producto obtenido, composta o abono orgánico, mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, así como la actividad biológica del mismo, ya que la población microbiana es un indicador de fertilidad del suelo. La composta madura y estabilizada, puede ser dispuesta como tierra en los jardines de los predios de las casas-habitación, así como en las tierras de cultivo. La comercialización de este producto, elaborado a nivel local, puede resultar benéfica para sostener los gastos de operación y mantenimiento, que se derivan de la elaboración de composta a nivel local.

La supervisión de la producción de composta a nivel local, puede ser llevada a cabo por el delegado y jefes de manzana, quienes tienen las capacidades y medios para convocar a la comunidad de La Quebradora, para seleccionar un grupo de habitantes para coordinar y ejecutar la producción de las pilas de composta, para producir un material benéfico para sus tierras agrícolas y evitar enviarlos a disposición final.

5.4.3.7 Disposición Final

A continuación se describen las actividades a realizar de acuerdo al procedimiento de almacenamiento integral del SMIRSM para PL.

5.4.3.7.1 Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento.

La norma vigente en el país, para el cumplimiento de la construcción y operatividad de un relleno sanitario para la disposición final de los RSM es la NOM-083-SEMARNAT-2003. Por lo cual si se efectuara una verificación de cumplimientos e incumplimientos al tiradero a cielo abierto actual, que sirve como sitio de disposición a la localidad más cercana de la Quebradora, El Paraíso, éste no cumpliría, debido a que se encuentra ubicado en una barranca, a un lado de la carretera rumbo a las Delicias. Sin embargo, en la actualidad se está gestando la construcción de un relleno sanitario para dicha localidad para la clausura definitiva del tiradero mencionado. El sitio de disposición de la Cabecera municipal también incumpliría con la normatividad vigente, principalmente porque los RSM no son cubiertos diariamente, existen actividades de pepenación sin cuidado para las personas que la realizan y continuamente los RSM son quemados (accidental o intencionalmente).

Por lo cual La Quebradora debe dar un destino final propio a sus RSM generados, debido a que en el momento no existe un sitio cercano y adecuado en el que pueda enviar a confinamiento sus residuos que ya no puedan ser aprovechables por alguna vía de comercialización o tratamiento.

5.4.3.7.2 Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.

Debido a que el tamaño de la población es muy pequeño, 176 habitantes y la cantidad de residuos generada diariamente es de aproximadamente 76.19kg, es muy viable la construcción de un Relleno Sanitario Manual, de categoría D, construido para operar y cumplir con la normatividad vigente.

5.4.3.7.3 Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno).

El relleno sanitario manual requerido para dar servicio a la localidad de La Quebradora debe estar localizado a no menos de 500m del mayor asentamiento de la población. Sin embargo su localización debe ser elegida de acuerdo a un estudio previo, que puede ayudar a financiar y a realizar, personal del ayuntamiento del municipio. Las dimensiones del relleno sanitario deben ser las requeridas para cubrir la siguiente demanda de la población. En el Anexo IX se puede consultar una guía para diseñar un relleno sanitario manual, con el fin de poder cumplir con la normatividad vigente, sin embargo éste debe ser desarrollado por un consultor o especialista, que puede contratar el ayuntamiento.



Tabla 5.4.16 Cantidad y Capacidad de RSM demandada por La Quebradora para disposición final

Periodo	Cantidad de RSM, kg	Capacidad volumétrica, m ³
Diario	76.19 kg/día	0.253 m ³ /día
Semanal	533.33 kg/sem	1.777 m ³ /sem
Mensual	2,285.7 kg/mes	7.619 m ³ /mes
Anual	27,428.4 kg/año	91.428 m ³ /año
En 10 años	274,284.0 kg/decada	914.28 m ³ /decada

Nota: Peso Volumétrico = 300kg/m³, de acuerdo a compactación mínima exigida por la normatividad

5.4.3.7.4 Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias.

Se debe construir el relleno sanitario para cumplir con la normatividad vigente descrita en la NOM-083-SEMARNAT-2003 como lineamientos mínimos a seguir, para garantizar a la población y al terreno, la seguridad del sitio. Como es un relleno sanitario de categoría D, este no requiere la construcción de obras complementarias. Cabe mencionar que por lo menos debe cumplir con lo siguiente:

- Garantizar coeficiente de conductividad hidráulica = 1×10^{-5} cm/seg y espesor mínimo de 1 m por condiciones naturales del terreno, o mediante la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.
- Hacer una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m³.
- Cubrir los residuos, con material de cubierta, como tierra, por lo menos cada semana.
- Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.
- Tener un control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales
- Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.

5.4.3.7.5 Seleccionar y adquirir el equipo de operación.

El equipo necesario para operar un relleno sanitario manual en La Quebrada debe bastar con herramientas de jardinería o albañilería: carretillas, palas, picos, azadones, barras, piones de madera, rastrillos y un rodillo para compactar los residuos junto con el material de cubierta.

5.4.3.7.6 Seleccionar, contratar y capacitar personal.

Se requiere que el personal designado por el Ayuntamiento, o un grupo de habitantes de la localidad que se ofrezcan para ello, supervisen, administren, operen y vigilen el relleno sanitario. Así mismo que tenga capacitación continua sobre las actividades propias a desarrollar en el sitio, y sobre todo que sean apoyados de manera prioritaria para contar con las herramientas y materiales necesarios para remover, compactar y cubrir los residuos diariamente, por parte de la localidad y del ayuntamiento. La capacitación del personal que labore en el sitio es de vital importancia para desarrollar el confinamiento de los RSM eficientemente.

5.4.3.7.7 Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud.

Es importante que el relleno sanitario habilite el monitoreo de biogás, lixiviados y drenaje pluvial; que controle el acceso de perros y gatos en busca de alimento, los cuales además de ser posibles vectores de enfermedades, al igual que aves de rapiña y roedores, tristemente son aplastados por las maniobras de los vehículos o equipos, cuyos cadáveres también son dispuestos junto con los demás RSM a enterrar. De igual importancia es controlar la actividad de pepenación en las propias celdas en operación; si bien los pepenadores encuentran una fuente de ingreso económico, esta actividad debe ser realizada en las mejores condiciones de salud e higiene (en algunas entidades se ha invitado a los pepenadores de un sitio a operar las plantas de selección o centros de acopio de la localidad, elevando sus condiciones de vida dignificando su labor).

5.4.3.7.8 Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño.

La localidad, el ayuntamiento y los supervisores de operar el relleno, deben tener el conocimiento de que el relleno sanitario manual sugerido para la disposición final de los RSM de la población La Quebradora, tendrá un tiempo de vida útil, normalmente de 10 años estimado desde su diseño. Después del cumplimiento de su vida útil término el sitio debe ser cerrado de acuerdo a los procedimientos establecidos y dar el uso final que se pensó durante el diseño del sitio. Sin embargo este puede ampliarse en la medida en que se disminuyan la cantidad de RSM no aprovechables dispuestos en cada celda.



5.5 DISCUSIÓN DE LAS TRES APLICACIONES

Las similitudes entre Aldea de los Reyes, Akumal y La Quebradora son muy notables, y se enlistan a continuación:

- En cuanto a la generación per cápita de cada una, ya que oscilan entre los 0.430, 0.679, 0.438 kg/hab-día, respectivamente, y en las proporciones de los tipos de residuos generados, en donde las tres presentan una mayor cantidad de residuos orgánicos, arriba del 50%, seguida de los inorgánicos y una pequeña cantidad de sanitarios.
- Es imprescindible que la separación aún en las pequeñas localidades sea por lo menos en tres tipos: orgánicos, inorgánicos y sanitarios. Y a pesar de los recursos tan precarios con los que puedan contar las pequeñas localidades, es factible darle un aprovechamiento al 50% de los residuos, al tratar los residuos orgánicos, en la propia localidad.
- El barrido de las tres localidades puede continuar siendo manual y por parte de los habitantes, debido a que contratar un particular o personal del ayuntamiento es prácticamente inviable.
- Y también coincidieron en que el sistema de almacenamiento y recolección de los RSM más factible es el de contenedores, en el cual las poblaciones se deslindan de un sistema de recolección típico en las grandes ciudades, haciendo que la frecuencia se pueda tolerar hasta una semana por ejemplo.
- La posibilidad de contar con un centro de acopio propio, no fue viable en AdeLR ni en La Quebrada, por ser las económicamente más desprotegidas.
- El tratamiento más asequible para las tres localidades es el compostaje de los residuos orgánicos, el cual podría ser muy rentable la comercialización del producto como abono orgánico.
- La posibilidad del uso de estaciones de transferencia en las tres localidades solo resultó ser viable en Akumal, en la que las distancias para disponer los RSM son muy grandes, y existe disposición y recursos por parte del Ayuntamiento. En las otras dos localidades no fue necesario, pero por diversas razones, en AdeLR, debido a que está muy cercana al relleno sanitario municipal, y en La Quebradora porque los costos por poner una estación de transferencia serían muy elevados.
- Las tres localidades comparten la problemática del inadecuado sitio de disposición final de RSM y que carecen de uno propio actualmente. Solo en La Quebradora, sería muy conveniente contar con uno propio emergentemente.

Como se puede observar, las tres localidades comparten varias similitudes por catalogarse como pequeñas localidades y tener el mismo problema ambiental debido al inadecuado manejo de los RSM. Sin embargo sus diferencias por su ubicación geográfica, nivel socioeconómico y principal actividad económica, son muy determinantes como para asentar que cada Sistema de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales para las Pequeñas Localidades, debe atender las particularidades de cada población. Pues aunque un problema puede ser resuelto con el mismo principio, los pequeños detalles exigen diversos caminos para su solución.

Durante la aplicación del SMIRSM de cada PL se resalta la necesidad de contar con elementos y datos necesarios para diseñar la metodología mas adecuada para mejorar la situación del manejo de los RSM en cada población. Los cuales primordialmente son:

- La caracterización de la población, de acuerdo a su situación geográfica, actividad económica, identificación de su situación social, política, cultural, e incluso la movilidad del crecimiento o decrecimiento de la población.
- El diagnóstico del manejo actual de los RSM en el que se puedan cotejar las causas del inadecuado manejo de los residuos, desde la falta de almacenamiento adecuado y separado, en las casas-habitación hasta la falta de infraestructura para efectuar la recolección, reciclaje y disposición final de los RSM.

- Para la caracterización de los residuos generados en la localidad, generalmente proporcionados por los estudios de generación elaborados en la propia localidad, se requiere de hacer estudios de generación para obtener información más precisa de la localidad, los cuales pueden ser elaborados por personal del municipio o de la propia localidad. Es importante hacer un estudio de selección y cuantificación de subproductos para determinar los materiales actuales que se están generando, pues sino algún subproducto se puede dejar de contemplar para gestionar su reuso y reciclaje.

Con las aplicación de la metodología del SMIRSM para PL se puede visualizar que el sistema en si mismo es una guía en la cual se requiere verificar cada uno de los elementos (etapas) que influyen en el no aprovechamiento de los RSM como materiales de reuso o reciclaje, y por tanto sean quemados deliberadamente o dispuestos inadecuadamente en tiraderos, lotes baldíos, barrancas, ríos, arroyos, etc.

Pero también para que la implementación del Sistema sirva eficientemente, debe existir una política y cultura ambiental en la propia localidad y en el municipio al que pertenecen, en el que la población, autoridades y empresarios (pequeños o grandes) estén concientes de que los RSM pueden generar otros productos de consumo al ser tratados como productos y no como basura, disminuyendo en gran medida las problemáticas derivadas de la incorrecta disposición o nulo aprovechamiento de los RSM. Por lo cual se infiere que el Sistema debe ser soportado por un Programa de Educación Ambiental y un Programa de seguimiento y cumplimiento del propio SMIRSM.

Si bien las pequeñas localidades dependen de la legislación, infraestructura y apoyo que les pueda brindar el ayuntamiento del municipio al cual pertenecen, estas pueden encontrar fuentes de empleo al poner en marcha sus propios sitios de disposición, centro de acopio o comercialización de sus RSM como materias primas o como productos tratados; y recibir los beneficios del aprovechamiento de sus residuos generados, al tener su localidad limpia.

Los recursos económicos quizá sean la parte que haga pensar la in operabilidad del sistema como tal, pues puede pensarse que se requieren de grandes inversiones para los contenedores, vehículos recolectores, planta de composta, centro de acopio y sitio de disposición; no obstante, lo propuesto al nivel de cada localidad, además de hacer hincapié para obtener el apoyo de los ayuntamientos en cuanto a recursos humanos, materiales y económicos (que de no contar con ellos se pueden obtener financiamiento en programas federales), se hace hincapié en la sustentabilidad que brinda el sistema, en la cual se pueden aplicar soluciones con el mínimo de recursos o de equipos y materiales con que comúnmente cuenta la localidad, por el tipo de actividad económica, y en el que el principal recurso humano son los propios habitantes de la pequeña localidad.



Contenido del Capítulo V

5.1	ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	91
5.2	APLICACIÓN PARA ALDEA DE LOS REYES, ESTADO DE MÉXICO.....	91
5.2.1	Descripción de la población.....	91
5.2.2	Manejo actual de los RSM en la población	93
5.2.3	SMIRSM propuesto para Aldea de los Reyes	95
5.2.3.1	Almacenamiento	95
5.2.3.1.1	Adquirir los contenedores privados/públicos	95
5.2.3.1.2	Dar mantenimiento a los Contenedores	98
5.2.3.1.3	Separar y Almacenar los Residuos.....	98
5.2.3.2	Barrido.....	99
5.2.3.2.1	Estimar características de los residuos en calles y áreas públicas	99
5.2.3.2.2	Determinar características de las calles de la localidad	99
5.2.3.2.3	Determinar tipo de barrido: manual y mecánico	99
5.2.3.2.4	Determinar prestador del servicio de barrido	99
5.2.3.2.5	Determinar equipo para el barrido	100
5.2.3.2.6	Determinar ruta del barrido	100
5.2.3.2.7	Realizar el barrido eficientemente y con separación	100
5.2.3.2.8	Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles	100
5.2.3.3	Recolección.....	100
5.2.3.3.1	Escoger el sistema de recolección	100
5.2.3.3.2	Calcular las dimensiones del vehículo recolector	101
5.2.3.3.3	Asignar el personal para prestar el servicio de recolección.....	101
5.2.3.3.4	Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores.....	102
5.2.3.3.5	Diseñar las rutas de recolección.....	102
5.2.3.3.6	Recolectar los residuos de acuerdo al sistema	102
5.2.3.3.7	Llevar los residuos a su destino próximo.....	102
5.2.3.3.8	Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos	102
5.2.3.4	Reuso y Reciclaje	103
5.2.3.4.1	Seleccionar y clasificar los materiales aprovechables.....	103
5.2.3.4.2	Asignar la forma de reuso/reciclaje.....	104
5.2.3.4.3	Acondicionar los materiales	105
5.2.3.4.4	Seleccionar la vía de comercialización	105
5.2.3.4.5	Comercializar los materiales reciclables	106
5.2.3.5	Transporte y Transferencia	106
5.2.3.5.1	Determinar la conveniencia de la estación de transferencia	106
5.2.3.6	Tratamiento	107
5.2.3.6.1	Seleccionar el tipo de Tratamiento	107
5.2.3.6.2	Disponer de un área de almacenamiento	107
5.2.3.6.3	Realizar la separación del material a procesar	108
5.2.3.6.4	Acondicionar los materiales	108
5.2.3.6.5	Realizar el tratamiento y obtener producto final	108
5.2.3.6.6	Canalizar el producto final acondicionado o transformado	108
5.2.3.7	Disposición Final	108
5.2.3.7.1	Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento.....	108
5.2.3.7.2	Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.....	109
5.2.3.7.3	Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno).....	109
5.2.3.7.4	Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias.....	109
5.2.3.7.5	Seleccionar y adquirir el equipo de operación.....	109
5.2.3.7.6	Seleccionar, contratar y capacitar personal.....	109



5.2.3.7.7	Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud.....	109
5.2.3.7.8	Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño.....	110
5.3	APLICACIÓN PARA AKUMAL, QUINTANA ROO.....	110
5.3.1	Descripción de la población.....	110
5.3.2	Manejo actual de los RSM en la población.....	111
5.3.3	SMIRSM propuesto para Akumal.....	113
5.3.3.1	Almacenamiento.....	114
5.3.3.1.1	Adquirir los contenedores privados/públicos.....	114
5.3.3.1.2	Dar mantenimiento a los Contenedores.....	117
5.3.3.1.3	Separar y Almacenar los Residuos.....	117
5.3.3.2	Barrido.....	117
5.3.3.2.1	Estimar características de los residuos en calles y áreas públicas.....	117
5.3.3.2.2	Determinar características de las calles de la localidad.....	117
5.3.3.2.3	Determinar tipo de barrido: manual y mecánico.....	117
5.3.3.2.4	Determinar prestador del servicio de barrido.....	117
5.3.3.2.5	Determinar equipo para el barrido.....	117
5.3.3.2.6	Determinar ruta del barrido.....	118
5.3.3.2.7	Realizar el barrido eficientemente y con separación.....	118
5.3.3.2.8	Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles.....	118
5.3.3.3	Recolección.....	118
5.3.3.3.1	Escoger el sistema de recolección.....	118
5.3.3.3.2	Calcular las dimensiones del vehículo recolector.....	118
5.3.3.3.3	Asignar el personal para prestar el servicio de recolección.....	119
5.3.3.3.4	Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores.....	119
5.3.3.3.5	Diseñar las rutas de recolección.....	120
5.3.3.3.6	Recolectar los residuos de acuerdo al sistema.....	120
5.3.3.3.7	Llevar los residuos a su destino próximo.....	120
5.3.3.3.8	Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos.....	120
5.3.3.4	Reuso y Reciclaje.....	120
5.3.3.4.1	Seleccionar y clasificar los materiales aprovechables.....	120
5.3.3.4.2	Asignar la forma de reuso/reciclaje.....	122
5.3.3.4.3	Acondicionar los materiales.....	122
5.3.3.4.4	Seleccionar la vía de comercialización.....	122
5.3.3.4.5	Comercializar los materiales reciclables.....	123
5.3.3.5	Transporte y Transferencia.....	123
5.3.3.5.1	Determinar la conveniencia de la estación de transferencia.....	123
5.3.3.5.2	Escoger el sistema de transferencia.....	124
5.3.3.5.3	Seleccionar o diseñar la estación de transferencia.....	124
5.3.3.5.4	Determinar las actividades de operación en la estación de transferencia.....	124
5.3.3.5.5	Diseñar las rutas de transferencia.....	124
5.3.3.5.6	Asignar el personal para prestar el servicio de transferencia.....	124
5.3.3.5.7	Transferir los residuos a su destino próximo.....	125
5.3.3.5.8	Realizar el inventario de residuos transferidos.....	125
5.3.3.6	Tratamiento.....	125
5.3.3.6.1	Seleccionar el tipo de Tratamiento.....	125
5.3.3.6.2	Disponer de un área de almacenamiento.....	125
5.3.3.6.3	Realizar la separación del material a procesar.....	126
5.3.3.6.4	Acondicionar los materiales.....	126
5.3.3.6.5	Realizar el tratamiento y obtener producto final.....	126
5.3.3.6.6	Canalizar el producto final acondicionado o transformado.....	126
5.3.3.7	Disposición Final.....	127
5.3.3.7.1	Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento.....	127
5.3.3.7.2	Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.....	127



5.3.3.7.3	Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno)	127
5.3.3.7.4	Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias	127
5.3.3.7.5	Seleccionar y adquirir el equipo de operación	128
5.3.3.7.6	Seleccionar, contratar y capacitar personal	128
5.3.3.7.7	Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud	128
5.3.3.7.8	Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño	128
5.4	APLICACIÓN PARA LA QUEBRADORA, GUERRERO	128
5.4.1	Descripción de la población	128
5.4.2	Manejo actual de los RSM en la población	130
5.4.3	SMIRSM propuesto para La Quebradora	131
5.4.3.1	Almacenamiento	131
5.4.3.1.1	Adquirir los contenedores privados/públicos	131
5.4.3.1.2	Dar mantenimiento a los Contenedores	134
5.4.3.1.3	Separar y Almacenar los Residuos	134
5.4.3.2	Barrido	134
5.4.3.2.1	Estimar características de los residuos en calles y áreas públicas	134
5.4.3.2.2	Determinar características de las calles de la localidad	134
5.4.3.2.3	Determinar tipo de barrido: manual y mecánico	134
5.4.3.2.4	Determinar prestador del servicio de barrido	134
5.4.3.2.5	Determinar equipo para el barrido	135
5.4.3.2.6	Determinar ruta del barrido	135
5.4.3.2.7	Realizar el barrido eficientemente y con separación	135
5.4.3.2.8	Incentivar el apoyo de los habitantes para la higiene de las calles	135
5.4.3.3	Recolección	135
5.4.3.3.1	Escoger el sistema de recolección	135
5.4.3.3.2	Calcular las dimensiones del vehículo recolector	135
5.4.3.3.3	Asignar el personal para prestar el servicio de recolección	136
5.4.3.3.4	Determinar los convenios que se deben tener con los recicladores	136
5.4.3.3.5	Diseñar las rutas de recolección	136
5.4.3.3.6	Recolectar los residuos de acuerdo al sistema	136
5.4.3.3.7	Llevar los residuos a su destino próximo	137
5.4.3.3.8	Realizar el inventario de residuos recolectados y dispuestos	137
5.4.3.4	Reuso y Reciclaje	137
5.4.3.4.1	Seleccionar y clasificar los materiales aprovechables	137
5.4.3.4.2	Asignar la forma de reuso/reciclaje	140
5.4.3.4.3	Acondicionar los materiales	140
5.4.3.4.4	Seleccionar la vía de comercialización	140
5.4.3.4.5	Comercializar los materiales reciclables	140
5.4.3.5	Transporte y Transferencia	141
5.4.3.5.1	Determinar la conveniencia de la estación de transferencia	141
5.4.3.6	Tratamiento	142
5.4.3.6.1	Seleccionar el tipo de Tratamiento	142
5.4.3.6.2	Disponer de un área de almacenamiento	142
5.4.3.6.3	Realizar la separación del material a procesar	142
5.4.3.6.4	Acondicionar los materiales	142
5.4.3.6.5	Realizar el tratamiento y obtener producto final	143
5.4.3.6.6	Canalizar el producto final acondicionado o transformado	143
5.4.3.7	Disposición Final	143
5.4.3.7.1	Revisar la normatividad vigente para apegarse a su cumplimiento	143
5.4.3.7.2	Elegir tipo de relleno sanitario para su rehabilitación o construcción.	143
5.4.3.7.3	Diseñar el relleno sanitario (localizar, dimensionar y preparar terreno).	143
5.4.3.7.4	Construir el Relleno sanitario incluyendo o no obras complementarias.	144
5.4.3.7.5	Seleccionar y adquirir el equipo de operación.	144



5.4.3.7.6	Seleccionar, contratar y capacitar personal.....	144
5.4.3.7.7	Efectuar las operaciones y medidas de seguridad y salud.....	144
5.4.3.7.8	Dar seguimiento al uso final del relleno sanitario según diseño.....	144
5.5	DISCUSIÓN DE LAS TRES APLICACIONES.....	145

Índice de Tablas del Capítulo V

TABLA 5.1.1	MATRIZ DE PL A APLICAR LA METODOLOGÍA DEL SMIRSM PROPUESTO.....	91
TABLA 5.2.1	GENERACIÓN PER CÁPITA Y POBLACIONAL EN ADELAR.....	93
TABLA 5.2.2	COMPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS GENERADOS AL DÍA EN ADELAR, ZONA SUR DEL PAÍS Y EL PARAÍSO.....	93
TABLA 5.2.2 (CONT.)	COMPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS GENERADOS AL DÍA EN ADELAR.....	94
TABLA 5.2.3	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL PRIVADO PARA ADELAR.....	95
TABLA 5.2.4	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PRIVADO POR TIPO DE RESIDUOS PARA ADELAR.....	96
TABLA 5.2.5	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL DE CONTENEDORES PÚBLICOS PARA ADELAR.....	96
TABLA 5.2.6	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES PÚBLICOS POR TIPO DE RESIDUOS PARA ADELAR.....	96
TABLA 5.2.7	NÚMERO Y CAPACIDAD DE CONTENEDORES PÚBLICOS POR TIPO DE RESIDUOS PARA ADELAR.....	97
TABLA 5.2.8	DISEÑO DE CONTENEDORES PARA ADELAR.....	97
TABLA 5.2.9	CONTENEDOR COMERCIAL ADECUADO PARA ADELAR.....	98
TABLA 5.2.10	DESIGNACIÓN DEL EJECUTOR DE BARRIDO DE LAS CALLES PARA ADELAR.....	99
TABLA 5.2.11	SELECCIÓN DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN EN ADELAR.....	100
TABLA 5.2.11 (CONT.)	SELECCIÓN DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN EN ADELAR.....	101
TABLA 5.2.12	DIMENSIONES DEL VEHÍCULO RECOLECTOR NECESARIO PARA ADELAR.....	101
TABLA 5.2.13	INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS GENERADOS Y RECICLABLES EN ADELAR.....	103
TABLA 5.2.14	INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS GENERADOS Y RECICLABLES EN ADELAR.....	104
TABLA 5.2.15	ASIGNACIÓN DE FORMA DE REUSO Y RECICLAJE DE RSM APROVECHABLES EN ADELAR, AKUMAL Y LA QUEBRADORA.....	105
TABLA 5.2.16	LOCALIDADES FACTIBLES PARA COMERCIALIZAR LOS MATERIALES APROVECHABLES DE ADELAR.....	106
TABLA 5.2.17	TRATAMIENTOS SELECCIONADOS PARA APROVECHAR RSM EN ADELAR.....	107
TABLA 5.2.18	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA COMPOSTAJE EN ADELAR.....	108
TABLA 5.3.1	NÚMERO DE HABITANTES QUE CONFORMARON AKUMAL HASTA EL AÑO 2000.....	111
TABLA 5.3.2	GENERACIÓN PER CÁPITA Y POBLACIONAL EN AKUMAL.....	112
TABLA 5.3.3	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL PRIVADO PARA AKUMAL.....	114
TABLA 5.3.4	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PRIVADO POR TIPO DE RESIDUOS PARA AKUMAL.....	114
TABLA 5.3.5	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL DE CONTENEDORES PÚBLICOS PARA AKUMAL.....	115
TABLA 5.3.6	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES PÚBLICOS POR TIPO DE RESIDUOS PARA AKUMAL.....	115
TABLA 5.3.7	NÚMERO DE CONTENEDORES PÚBLICOS POR TIPO DE RESIDUOS PARA AKUMAL.....	116
TABLA 5.3.8	DISTRIBUCIÓN DE CONTENEDORES PÚBLICOS POR TIPO DE RESIDUOS PARA AKUMAL.....	116
TABLA 5.3.9	DESIGNACIÓN DEL EJECUTOR DE BARRIDO DE LAS CALLES PARA AKUMAL.....	117
TABLA 5.3.10	DIMENSIONES DEL VEHÍCULO RECOLECTOR NECESARIO PARA AKUMAL.....	119
TABLA 5.3.11	VIAJES DE VEHÍCULOS POR DÍA DE RECOLECCIÓN EN AKUMAL.....	119
TABLA 5.3.12	INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS GENERADOS Y RECICLABLES EN AKUMAL.....	120
TABLA 5.3.12 (CONT.)	INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS GENERADOS Y RECICLABLES EN AKUMAL.....	121
TABLA 5.3.13	INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS GENERADOS Y RECICLABLES EN AKUMAL.....	121
TABLA 5.3.13 (CONT.)	INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS GENERADOS Y RECICLABLES EN AKUMAL.....	122
TABLA 5.3.14	LOCALIDADES FACTIBLES PARA COMERCIALIZAR LOS MATERIALES APROVECHABLES DE AKUMAL.....	123
TABLA 5.3.15	TRATAMIENTOS SELECCIONADOS PARA APROVECHAR RSM EN AKUMAL.....	125
TABLA 5.3.16	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA COMPOSTAJE EN AKUMAL.....	126
TABLA 5.4.1	GENERACIÓN PER CÁPITA Y POBLACIONAL EN LA QUEBRADORA.....	130
TABLA 5.4.2	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL PRIVADO PARA LA QUEBRADORA.....	131
TABLA 5.4.3	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PRIVADO POR TIPO DE RESIDUOS PARA LA QUEBRADORA.....	132
TABLA 5.4.4	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TOTAL DE CONTENEDORES PÚBLICOS PARA LA QUEBRADORA.....	132



TABLA 5.4.5 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES PÚBLICOS POR TIPO DE RESIDUOS PARA LA QUEBRADORA	132
TABLA 5.4.6 DISEÑO DE CONTENEDORES PÚBLICOS PARA LA QUEBRADORA	133
TABLA 5.4.7 DESIGNACIÓN DEL EJECUTOR DE BARRIDO DE LAS CALLES PARA LA QUEBRADORA	134
TABLA 5.4.8 DIMENSIONES DEL VEHÍCULO RECOLECTOR NECESARIO PARA LA QUEBRADORA	135
TABLA 5.4.9 CAPACIDAD DE RECOLECCIÓN SEPARADA PARA LA QUEBRADORA	136
TABLA 5.4.10 INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS RECICLABLES EN LA QUEBRADORA	138
TABLA 5.4.11 INVENTARIO DE SUBPRODUCTOS RECICLABLES, GENERADOS EN LA QUEBRADORA	139
TABLA 5.4.12 LOCALIDADES FACTIBLES PARA COMERCIALIZAR LOS MATERIALES APROVECHABLES DE LA QUEBRADORA.....	141
TABLA 5.4.13 TIEMPOS DE RECORRIDO DE UNA POSIBLE TRANSFERENCIA DE RSM EN LA QUEBRADORA	141
TABLA 5.4.14 TRATAMIENTOS SELECCIONADOS PARA APROVECHAR RSM EN LA QUEBRADORA	142
TABLA 5.4.15 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PARA COMPOSTAJE EN LA QUEBRADORA	142
TABLA 5.4.16 CANTIDAD Y CAPACIDAD DE RSM DEMANDADA POR LA QUEBRADORA PARA DISPOSICIÓN FINAL	144

Índice de Figuras del Capítulo V

FIG. 5.2.1 UBICACIÓN DE AMECAMECA	92
FIG. 5.2.2 COLINDANCIAS DE ADEL R Y PANORÁMICA DE ADEL R	92
FIG. 5.2.3 PORCENTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ADEL R	93
FIG. 5.3.1 UBICACIÓN DE SOLIDARIDAD	110
FIG. 5.3.2 COLINDANCIAS DE AKUMAL Y PANORÁMICA AKUMAL PUEBLO	110
FIG. 5.3.3 PORCENTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA SUR DEL PAÍS	112
FIG. 5.3.4 CONTENEDORES ACTUALES PROPORCIONADOS POR EL AYUNTAMIENTO DE SOLIDARIDAD	116
FIG. 5.4.1 UBICACIÓN DE ATOYAC DE ÁLVAREZ	129
FIG. 5.4.2 COLINDANCIAS DE LA QUEBRADORA Y PANORÁMICA	129
FIG. 5.4.3 PORCENTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL PARAÍSO	130



CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizaron planes de manejo, programas, guías, libros técnicos, artículos y manuales, referentes a brindar soluciones prácticas para el adecuado manejo de los residuos sólidos municipales (RSM), que pudieran ser adaptables a pequeñas localidades para que su implementación sea factible. Con los cuales fue posible diseñar un Sistema de Manejo de Residuos Sólidos municipales para tres Pequeñas Localidades de estudio, con características relativamente diferentes, pero con la característica en común de que no superaban un número mayor a 2,500 habitantes. La metodología propuesta abordó 9 aspectos (etapas) del manejo del los RSM, tales como: almacenamiento, barrido, reuso y reciclaje, recolección, transporte y transferencia, tratamiento y disposición final, que de llevarse a cabo simultáneamente, técnicamente conforman un manejo integral y adecuado de los residuos sólidos, a semejanza de las grandes localidades.

Dicha propuesta estuvo orientada a la compilación de una guía técnica y secuencial de cada una de las etapas del manejo de los residuos, que contuviera de forma ideal y factible (a) el concepto, (b) las características, (c) el procedimiento y (d) el diagrama de flujo a seguir de cada una de las etapas, como elementos del Sistema de Manejo Integral para Residuos Sólidos Municipales para Pequeñas Localidades (SMIRSM para PL); con el fin de que los usuarios de la guía puedan conocer los procedimientos, realizar cálculos y actividades necesarias para diseñar los elementos del manejo de residuos sólidos en cada etapa y obtener beneficios sustentables de cada actividad.

Con las aplicaciones de la metodología propuesta a los tres casos de estudio de: Aldea de los Reyes, Akumal y La Quebradora, se pudo ejemplificar los procedimientos de cada una de las etapas del SMIRSM y verificar que fuera factible su implementación. Por lo que se observó que el SMIRSM para PL puede ser aplicado prácticamente para la gran diversidad de poblaciones de pequeñas localidades, ya sean del tipo urbana, rural, o semi rural, y de cualquier estrato socioeconómico (bajo, medio o alto) siempre y cuando se cuente con la información requerida y se adopte la metodología a las necesidades y características de cada población.

El objetivo principal de este trabajo se alcanzó al diseñar un sistema de manejo integral de residuos sólidos municipales (SMIRSM) que sirve de guía para las pequeñas localidades (PL), el cual pueda ser sustentable y de implementación factible. Esto se logró mediante:

- La investigación y análisis de experiencias muy puntuales de planes de manejo propuestos por diversas entidades nacionales y extranjeras, las cuales se enlistan en los Antecedentes de éste trabajo, y se citan a lo largo del Marco Teórico y del diseño del SMIRSM.
- La obtención de datos actuales de la generación y clasificación de RSM en Aldea de los Reyes y en La Quebradora, y aproximados para Akumal, los cuales se calcularon de 0.430, 0.438 y 0.679 kg/hab-día respectivamente, y la determinación de la gama de subproductos que particularmente caracteriza a las PL como son el 50% de residuos orgánicos, entre 25 y 40% de residuos inorgánicos y un pequeño porcentaje de residuos sanitarios de entre 3 y 5%, y cuyos pesos volumétricos característicos se calcularon de 210 y 148 kg/m³ para AdelR y La Quebradora y se supuso de 200 kg/m³ para Akumal.
- La identificación de los aspectos técnicos, económicos y sociales relacionados con el almacenamiento, barrido, reuso y reciclaje, recolección transferencia y transporte, tratamiento y disposición final del MRSRM en PL, de acuerdo a la visita de campo realizada en cada una de las localidades en las cuales se lograron entrevistas con autoridades del ayuntamiento, comisariado y del CEA, respectivamente, así como con algunos miembros de la población de las tres localidades.
- La realización de cada uno de los procedimientos ideales de cada etapa que pueden adoptar los diferentes tipos de PL para el manejo integral de los RSM para poder realizar su aplicación a los tres casos de estudio, previa definición del concepto y características integrales de cada etapa, y su correspondiente diagrama de flujo como herramienta gráfica del sistema.



De manera general, se concluye que es posible la planeación de un sistema de manejo integral de los RSM mediante un diseño apropiado para las PL, de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas, geográficas, políticas y culturales, aplicando sus propios recursos técnicos, infraestructura y buscando la participación de las propias entidades locales, municipales, estatales y federales, así como de las organizaciones públicas y privadas. Mediante el diseño del SMIRSM para PL se contemplan prácticas y factibles soluciones para efectuar adecuadamente cada una de las actividades del manejo de los RSM, como almacenamiento, barrido, recolección, reuso y reciclaje, transferencia y transporte, tratamiento, y disposición final de los materiales desechados en las pequeñas localidades.

Fue interesante observar que para clasificar una población como pequeña localidad, fue necesario hacer una breve evaluación de esta en función del tamaño de población (número de habitantes), si esta era urbana, rural o mixta y características tales como actividad económica predominante, clase socioeconómica predominante, ubicación geográfica, características climatológicas y tipos de servicios públicos principalmente; características que se encontraron clave para determinar la conveniencia de algún aspecto a proponer para su sistema de manejo de residuos, probablemente debido a que en:

- En México se acepta clasificar las PL de acuerdo al número de habitantes y servicios proporcionados por el municipio aunque no existe una clasificación universal de pequeña localidad.
- Las comunidades clasificadas como PL tienen diferencias económicas así como de la infraestructura y organización de los servicios. Las cuales deben tomarse muy en cuenta al planear un sistema de manejo integral de los residuos sólidos municipales, de acuerdo a las características de cada localidad.
- El bajo nivel económico de una localidad no es obstáculo para elaborar un plan de manejo integral de residuos sólidos eficiente y económico, de acuerdo a sus recursos humanos, económicos y materiales.

También se observó que existen varias entidades del país y del extranjero que han publicado manuales o programas encausados a dicha actividad, tal es el caso del "Manual para el manejo de basura en localidades de 100 habitantes, albergues y campamentos" de SEDESOL, del "Programa de manejo integral de los residuos sólidos en el municipio de Celaya" en Querétaro, la "Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales" del CEPIS perteneciente a la Organización Mundial de la Salud y la "Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales publicada" elaborada por SEMARNAT, entre otras ya mencionadas en el capítulo de Antecedentes. El presente trabajo se basó en estas fuentes y otras referencias para efectuar la revisión de la información de propuestas teórico-prácticas, para poder conjuntarlas dentro de un solo esquema, con el fin de cubrir los aspectos técnicos relativos a cada etapa del manejo integral de los residuos en las pequeñas localidades. Se observó que:

- Fue posible establecer una metodología para el análisis y determinación de las acciones requeridas en cada una de las etapas del manejo integral de los RSM para PL de acuerdo a sus características particulares, bajo la revisión de la basta información que proporcionan autores independientes y las organizaciones públicas y privadas, de nuestro país y del extranjero.
- Este tipo de propuestas deben estar soportadas bajo una aceptación por parte de los habitantes y autoridades de la población mediante programas de educación ambiental y legislación necesarios, los cuales requieren ser implementados de manera permanente, y en la cual participen activamente los miembros de la población.
- Es necesario que se abarquen las 9 etapas del SMIRSM para PL, desde el Almacenamiento, Reuso y Reciclaje, Barrido, Recolección, Transferencia y Transporte, Tratamiento y Disposición Final y que exista interacción entre éstas, para considerar el manejo como integral.

Las diferencias entre las pequeñas y grandes localidades deben considerarse primordialmente al planear un sistema de manejo integral de los residuos sólidos, de acuerdo a las características de cada localidad. Esto de acuerdo a sus características particulares, bajo la revisión de la basta información que proporcionan autores independientes y las organizaciones públicas y privadas, de nuestro país y del extranjero, de la revisión de las características propias de cada localidad y del diagnóstico teórico-práctico del actual manejo de sus residuos, con el fin de desarrollar un SMIRSM para cada localidad. Por lo que considerando lo anterior, fue posible establecer una metodología para analizar y establecer las acciones requeridas en cada una de las etapas del manejo integral de los residuos sólidos en pequeñas localidades.

Cabe mencionar que es necesaria la realización de un diagnóstico previo al diseño de un Sistema de Manejo Integral para RSM en tales localidades, para obtener la información mínima requerida y así emitir las actividades que se dictan en la metodología adaptada a las características propias de la localidad y sobre todo que pueda ser factible su implementación. También es necesario apoyar dicho sistema bajo un marco jurídico vigente y un programa permanente de educación ambiental con la finalidad, de que tanto autoridades como habitantes de una localidad sepan porque se debe participar adecuadamente en el manejo de los residuos sólidos municipales.

Mediante lo observado en campo y concretamente mediante la percepción obtenida de la actitud de la población participante durante el periodo de recopilación de información (diagnóstico del manejo de RSM en las localidades y elaboración del estudio de generación), cabe mencionar que las poblaciones y autoridades (tanto locales como municipales) se encuentran altamente receptivas a las propuestas que brinden alternativas para el mejoramiento de su población, y en éste caso específico, sobre la minimización del impacto ambiental en su localidades debido a la inadecuada disposición de los RSM. Siempre y cuando las propuestas se realicen de manera acorde a las características, necesidades e infraestructura de la población, y que cuando estas sean implementadas, se lleven a cabo de manera oportuna, constante y responsable.



REFERENCIAS

- Acurio, Guido; Antonio Rossin, Paulo Fernando Teixeira y Francisco Zepeda. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Serie Ambiental No 18. 1998.
- Aguirre, R. SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Reporte Interno (Centro Ecológico Akumal) CEA. México. 2004.
- Alegre, M. Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Agencia Española de Cooperación Internacional. GUÍA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN CIUDADES PEQUEÑAS Y ZONAS RURALES. Serie Técnica No. 31. Perú. 1997.
- Alliende C., F. MANUAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile. 1996
- Aprepet. Portal de la Asociación Para Promover el Reciclado del PET. PLÁSTICOS. Documento disponible en la página electrónica: <http://www.aprepet.org.mx/index2.htm>. México. Fecha de consulta: Noviembre 2005.
- Arroyo, J. LAS MICROEMPRESAS DE GESTIÓN AMBIENTAL (MEGA). Instituto de Promoción de la Economía Social (IPES). Experiencia Sobre Cooperación Público – Privada de la Public-Private Partnerships for the Urban Environment (PPPUE) Conference Paper Series, Volume II. Perú. 1998.
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal III Legislatura (ALDF III Legislatura). REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE LIMPIA EN EL DISTRITO FEDERAL. (ALDF III Legislatura). México. Documento electrónico disponible en: http://www.asambleadf.gob.mx/Marco_Leg/reglamen/r186/r186p.htm. Fecha de consulta: Julio 2006.
- Asociación Nacional de la Industria Química A.C. (ANIQ). CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS. <http://www.aniq.org.mx/cipres/clasificacion.asp> Fecha de Consulta: Marzo 2005. Fecha de última Actualización: 2006.
- Basave, J.L. CENTRO DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS (CEMIR): UN MODELO PILOTO. CEA. México. 2001. http://www.ceakumal.org/bcentro_de_manejo_integral_de_residuos_cemir.html.
- Bustani Adem, A. SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO. Centro de Calidad Ambiental ITESM, Campus Monterrey. México. 1994
- Cartonbebidas. Portal de la Asociación Española de Fabricantes de Envases de Cartón Para Alimentos Líquidos. CARTÓN (CAPÍTULOS 1 AL 10). Documento disponible en la página electrónica: <http://www.cartonbebidas.com/>. España. Fecha de consulta: Noviembre 2004.
- Carvalho De Braga, H.M. SISTEMA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS URBANOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SALVADOR, BAHIA. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Nº 69 (43), 1 de agosto de 2000.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal del Gobierno del Estado de Guerrero (CNDM-GEG). ENCICLOPEDIA DE LOS MUNICIPIOS DE MÉXICO, ESTADO DE GUERRERO: ATOYAC DE ÁLVAREZ. Documento electrónico disponible en: <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/guerrero/> México. 2001.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal del Gobierno del Estado de México (CNDM-GEM). ENCICLOPEDIA DE LOS MUNICIPIOS DE MÉXICO, ESTADO DE MÉXICO: AMECAMECA DE JUÁREZ. Documento electrónico disponible en: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_mexico México. 2001.
- Centro Nacional de Desarrollo Municipal del Gobierno del Estado de Quintana Roo (CNDM-GEOR). ENCICLOPEDIA DE LOS MUNICIPIOS DE MÉXICO, ESTADO DE QUINTANA ROO: SOLIDARIDAD. Documento electrónico disponible en: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_qroo México. 2001.
- CEPIS. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN SITUACIONES DE DESASTRE. SERIE SALUD AMBIENTAL Y DESASTRES NO. 1. Área de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro en Casos de Desastre y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Cerisola, C.I. LECCIONES DE AGRICULTURA BIOLÓGICA. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1989.



Cerrón Palomino, Marco A. DISEÑO DE RUTAS ÓPTIMAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE EL SOFTWARE MARS. Artículo presentado en el XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, promovida por la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS realizado del 3 al 8 de diciembre del 2000 en Puerto Alegre, Brasil.

Cohen, D. B. HOW TO REDUCE WASTE IN MUNICIPAL GOVERNMENT: A GUIDE TO SOURCE REDUCTION. Department of Public Works of City of Newton, Massachusetts. Mayo 2005.

Cointreau, S. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTES IN DEVELOPING COUNTRIES: A PROJECT GUIDE. Urban Development Technical Paper Number 5. World Bank. Washington DC, EUA. 1982.

Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental (CMIA) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). LA BASURA EN EL LIMBO: DESEMPEÑO DE GOBIERNOS LOCALES Y PARTICIPACIÓN PRIVADA EN EL MANEJO DE RESIDUOS URBANOS. CMIA-GTZ. México. 2003.

Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-055-SEMARNAT-2003 QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS QUE SE DESTINARÁN PARA UN CONFINAMIENTO CONTROLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS PREVIAMENTE ESTABILIZADOS. Diario Oficial de la Federación del 03 de Noviembre del 2004.

Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-083-2003 ESPECIFICACIONES DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MONITOREO, CLAUSURA Y OBRAS COMPLEMENTARIAS DE UN SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL. Diario oficial de la federación del 10 de octubre de 2003.

Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-087-ECOL-SSA1-2002, PROTECCIÓN AMBIENTAL - SALUD AMBIENTAL - RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS - CLASIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE MANEJO*. Diario Oficial de la Federación del 01 de noviembre de 2001.

Comité Técnico de Normalización Nacional de Protección al Ambiente. Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. PROTECCION AL AMBIENTE - CONTAMINACION DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO - METODO DE CUARTEO. Diario Oficial de la Federación de marzo de 1985.

Comité Técnico de Normalización Nacional de Protección al Ambiente. NORMA MEXICANA NMX-AA-19-1985. PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO -RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES-PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU". México. Diario Oficial de la Federación de marzo de 1985.

Comité Técnico de Normalización Nacional de Protección al Ambiente. NORMA MEXICANA NMX-AA-22-1985. PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO -RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES-SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS. Diario Oficial de la Federación de marzo de 1985.

Comité Técnico de Normalización Nacional de Protección al Ambiente. NORMA MEXICANA NMX-AA-61-1985. PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO-RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES-DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN. Diario Oficial de la Federación de marzo de 1985.

Conesa, J. A. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA EN RÉGIMEN ESPECIAL. INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. Universidad de Alicante Departamento de Ingeniería Química. Documento disponible en la página electrónica: <http://iq.ua.es/cogeneracion.pdf>. España. Fecha de Consulta: Enero 2005.

Consejo Nacional de la Población (CONAPO). DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL DE LA POBLACIÓN EN LOCALIDADES PEQUEÑAS, 2000. Documento electrónico disponible en: http://www.conapo.gob.mx/distribucion_tp/material/04_01.xls. Fecha de Consulta: Noviembre 2004.

Cooprogetti. EVALUACIÓN AMBIENTAL SECTORIAL (RSU EN ARGENTINA) DEL PROYECTO NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), Secretaría de Ambiente Y Desarrollo Sustentable y Ministerio de Salud Y Ambiente de Argentina. Argentina. Mayo 2006.

Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). CENTRAL, DISPOSICIÓN Y TRANSFERENCIA. Argentina. Documento disponible en archivo electrónico en: http://www.ceamse.gov.ar/central_disposicion_transferencia.html. Fecha de Consulta: Enero 2006.

Cordobambiente-Agencia Córdoba Ambiente. PROGRAMA CÓRDOBA LIMPIA. Gobierno de la Provincia de Córdoba. Argentina. 1999.

- Cornejo R.; Et al. PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE CELAYA. Congreso AMCRESPAC 2001, México limpio: Tarea de todos. Noviembre 14 al 16 del 2001.
- Cortinas de Nava, C. BASES PARA INTEGRAR PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS DE ALIMENTOS Y DE JARDINERÍA. Dra. Cristina Cortinas de Nava. Documento electrónico disponible en: <http://www.cristinacortinas.com/manejo/manejo.shtml> Última Actualización: Enero 2006.
- Cortinas de Nava, C. EJEMPLOS DE AVANCES LOGRADOS EN MÉXICO EN LA IMPLANTACIÓN DE UNA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS (Artículo presentado en el Foro Internacional sobre Ciudades Sustentables del 7 y 8 de octubre 2004, Querétaro, Querétaro). Dra. Cristina Cortinas de Nava. Documento electrónico disponible en: <http://www.cristinacortinas.com/manejo/manejo.shtml> Última Actualización: Enero 2006.
- Cortinas de Nava, C. PLANES DE MANEJO DE RESIDUOS DE DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES Y EMPRESAS PARAESTATALES. REPAMAR. México. 2004.
- Cuernavaca, Gobierno del Estado de Morelos. REGLAMENTO DE ASEO URBANO DEL MUNICIPIO DE CUERNAVACA. Revisión con la dirección de legislación y la consejería jurídica el 5 de enero 2005.
- Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, División de Ingenierías Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería, UNAM. DIAGNÓSTICO DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL MUNICIPIO DE ATOYAC DE ÁLVAREZ GUERRERO. Proregiones-Gobierno del Municipio de Atoyac de Álvarez. México. 2006.
- Escamilla, J.A.. Et al. MÉTODO PARA ESTIMAR EL RIESGO POBLACIONAL ATRIBUIBLE A UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA DE DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Salud Pública de México. México. Septiembre-Octubre de 1992, Vol.34, No.5. <http://www.insp.mx/salud/34/345-2s.html>.
- Fondo Nacional del Ambiente (FONAM). RESIDUOS SÓLIDOS. Documento disponible en archivo electrónico en: <http://www.fonamperu.org/general>. FONAM. Fecha de Consulta: Mayo 2005.
- Galván, F. A. EL FACTOR ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE CAFÉ. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División De Ciencias Básicas E Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Hidrología. México. Documento disponible en la página electrónica: <http://www.rlc.fao.org/foro/psa/pdf/cafes2.pdf>. Fecha de consulta: Junio 2006.
- Haddad, J. F. ASEO URBANO - DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS -MANUAL DE INSTRUCCIONES. <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/cursos/aseourba/aseourba.html>. Fecha Última Actualización: Actualizado el 22/Feb/99. Fecha de consulta: Enero 2006
- Hayer, P.; Et al. PROGRAMA SEPARA... NO MEZCLES! EN EL MUNICIPIO DE ZAMORA, MICHOACÁN. Coordinación del Medio Ambiente y Ayuntamiento de Zamora. Presentación en el Foro: hacia un manejo integral de los residuos sólidos. México. Marzo 2006.
- Henry, J. G.; Heinke, G. W. INGENIERÍA AMBIENTAL. Prentice Hall y Pearson Educación. 2ª edición. México. 1999.
- Info Nation. DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS. Cyberschoolbus-United Nations (Global Teaching and Learning Project) http://www.un.org/Pubs/CyberSchoolBus/infonation/s_terms.htm#ec Fecha de Consulta: Febrero 2006.
- Instituto Centroamericano de la Salud (ICAS). GLOSARIO DE TÉRMINOS. Modelo de Garantía de Calidad para Latinoamérica: Guía de Capacitación e Implementación. Costa Rica. Fecha de consulta: Mayo 2006. <http://www.icas.net/icasweb/about2.htm>.
- Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Dirección de proyectos y programación de inversiones. DOCUMENTO DE APOYO PARA LA PREPARACIÓN, EVALUACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. ILPES. Chile. 1998.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). CONTENIDO DE LAS POLÍTICAS DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/estudios/392/secc2.html>. Publicación 392 de la UAEJEI. Última Actualización: Septiembre 2003.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN ÁREAS URBANAS. Publicación 105 de la UAEJEI. http://ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=105&id_tema=9&dir=Consultas Fecha de Publicación Diciembre de 1996. Fecha de Consulta: Enero 2006.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). IMPLICACIONES DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR RESIDUOS Y ENFOQUES PREVENTIVOS. INE. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/345/implicac.html>. Publicación 345 de la UAEJEI. Última Actualización: Marzo 2005.



Instituto Nacional de Ecología (INE). MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL APLICABLE AL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES Y LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO. <http://www.ine.gov.mx/ueajei/publicaciones/libros/133/marco.html>. Publicación 392 de la UAEJEI. Última Actualización: Marzo 2005.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). POBLACIÓN RURAL Y URBANA. Cuéntame-Información para niños y no tan niños. http://cuentame.inegi.gov.mx/poblacion/rur_urb.asp. México. 2005. Fecha de Consulta: Febrero 2006.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). MAPA DIGITAL DE MÉXICO Y DATOS FUNDAMENTALES. INEGI. Documento electrónico disponible en: <http://galileo.inegi.gov.mx/website/mexico/> México. Fecha de Consulta: Junio 2006.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS POR ENTIDAD FEDERATIVA, 1998 A 2005. Portal del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Documento electrónico disponible en: <http://www.inegi.gov.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb58&c=5913> México. 2006.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2000. PRINCIPALES RESULTADOS POR LOCALIDAD DE QUINTANA ROO. Documento electrónico disponible en: <http://www.inegi.gov.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb58&c=5913>. México. 2006.

Instituto Nacional de Recicladores A.C. (INARE). PANORAMA DE LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE EN MÉXICO. INARE. Carta Turnada a la Comisión de Hacienda y Crédito Público el 22 de Abril del 2004. Documento electrónico disponible en: <http://cnh.gov.mx/documentos/8/3/art/archivos/9wqhuq0j.html>. Fecha de Consulta: Octubre 2004.

La Grega, M.; P. Buckingham; J. Evans. GESTIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS. Mc Graw Hill. EUA. 1997.

Lezcano, M.L. IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA DE RECICLAJE EN UNA COMUNIDAD. México. Fecha de consulta: Mayo 2006. <http://www.monografias.com/trabajos10/parcicl/parcicl.shtml>.

LGEEPA. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA). Publicada en el D.O.F. de fecha 28 de enero de 1988. México. 2000.

LPGIR. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS (LPGIR). Diario Oficial de la Federación del 8 de octubre de 2003. México. 2003

Lima, J. RESIDUOS. Documento disponible en la página: <http://www.monografias.com/trabajos10/residuo/residuo.shtml>. Fecha de Consulta: Mayo 2005.

LRSDF. Asamblea Legislativa del Distrito Federal, II Legislatura del Gobierno del Distrito Federal (GDF). LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL (LRSDF). Gaceta Oficial del Distrito Federal del 22 de abril de 2003. México. 2003.

Manahan, S. INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA AMBIENTAL (CURSO INTENSIVO DE POSGRADO). GTZ-UNAM. 1999.

Monreal, J. C. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. Presentado en la Mesa Redonda del Sector de Manejo de Residuos Sólidos en Salvador, Bahía, Brasil, del 27 al 30 de septiembre de 1998. Organización de los estados Americanos (OEA) y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). Documento electrónico disponible en: <http://www.science.oas.org/ENVIRO/sector%20de%20manejo%20de%20residuos%20solidos.pdf>. Fecha de Consulta: Octubre 2004.

Nathanson, J. A. BASIC ENVIRONMENTAL THECHNOLOGY: WATER SUPPLY, WASTE MANAGEMENT AND POLLUTION CONTROL. Prentice Hall. EUA. 1997.

Naucalpan, Gobierno del Estado de México. REGLAMENTO DE LIMPIEZA PARA EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, ESTADO DE MÉXICO. Unidad municipal de información 2003-2006. Aprobado en sesión de Cabildo de fecha 11 de Enero de 1990.

Nerín, C. URBANISMO E INGENIERÍA AMBIENTAL. Centro Politécnico Superior de Ingenieros-Universidad de Zaragoza. España. <http://www.etsav.upc.es/personals/monclus/cursos/1301.htm>. México. Fecha de consulta: Junio 2004.

Padilla M., C.; V. Espino Z. MANUAL DEL MANEJO DE LA BASURA. Colección como hacer bien y fácilmente. Edit. Trillas. México. 2001.

PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO (PMDU) DE AMECAMECA, Estado de México. Gobierno del Estado de México, Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda. México. Julio 2003.

- Platzek, M.E.; Horacio Campaña. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. Argentina. Fecha de última actualización: Noviembre 2002. Fecha de consulta: Mayo 2006. http://www.cit.org.ar/archivos_cit/contenido_cit/documentos/rsu.html.
- Portal de Tetrapak México. MEDIO AMBIENTE Y NUESTROS PRODUCTOS. Disponible en la página electrónica: <http://www.amecameca.gob.mx>. México. Fecha de consulta: Octubre 2004.
- Portal del Municipio de Solidaridad en el Estado de Quintana Roo. MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD. Disponible en la página electrónica: <http://www.solidaridad.gob.mx>. México. 2005. México. Fecha de consulta: Septiembre 2004.
- Portal del Reciclado de Brik de Baleares, S.A. PRODUCTOS Y APLICACIONES, Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MATERIAL PLÁSTICO RECICLADO (*Maplar®*). Documento disponible en la página electrónica: <http://www.maplar.com/IndexEsp/indexesp.html>. España. Fecha de consulta: Noviembre 2004.
- Portal oficial de Vitro. PROGRAMAS PERMANENTES, PROGRAMAS ESPECIALES Y PROGRAMAS INTERNOS. México. Fecha de última actualización y consulta: Mayo 2006. http://www.vitro.com/responsabilidad_social/espanol/Serv_10820_1_1.htm.
- Riera Ayala, G.; Et al. PLAN ESTRATÉGICO PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN PUERTO RICO. Puerto Rico. Fecha de última actualización: Agosto 2005. Fecha de Consulta: Junio 2006. http://www.ads.gobierno.pr/pemrs/S05_Resumen%20de%20Estrategias.pdf
- Saint Gobain Glass. GLOSARIO. Documento disponible en la página electrónica: <http://www.saint-gobain-glass.com/es/d3.asp>. SGG. Francia. Fecha Última Actualización: Octubre 2002. Fecha de Consulta: Octubre 2004.
- Sánchez Gómez, J. CRONOLOGÍA DE LA PROBLEMÁTICA DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO. Dirección General de Servicios Urbanos, Secretaría General de Obras, Departamento del Distrito Federal. México. 2003
- Sancho y Cervera, J.; G. Rosiles. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN MÉXICO. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). México. 1999.
- Santiago de Cali. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS) 2004 – 2019 de Santiago de Cali. Colombia. Agosto de 2004.
- Santos B., Carlos, Rojas B., Leonora, Barrera R. Norberta, Ongay D. Enrique, Escamilla C., J.A. MÉTODO PARA ESTIMAR EL RIESGO POBLACIONAL ATRIBUIBLE A UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Salud Pública de México. Septiembre-Octubre de 1992, Vol. 34, No.5.
- Schleenstein, G. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN CUBA CON UN ENFOQUE AL MUNICIPIO MINERO DE MOA. PROGRAMA ASA 2002 de la Carl-Duisberg-Gesellschaft E.V. y el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM). Berlín. 2003.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU). PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DE LAS DEPENDENCIAS MUNICIPALES DE QUERÉTARO. Gobierno del Estado de Querétaro (GEQ)-Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU)-Querétaro es Mejor. Fecha de Consulta: Octubre 2005. Documento electrónico disponible en:
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y del Grupo de Manejo Integral de Residuos Sólidos (Grupo MIREs). GUÍA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental-SEMARNAT México. 2001.
- Secretaría de Turismo. AKUMAL EN INTERNET. El caribe mexicano en Internet: Portal oficial de información turística del Estado de Quintana Roo. México. <http://www.caribemexicano.com/guia/akumal>. México. Fecha de consulta: Junio 2004.
- Servicio Internacional para la Paz (SIPAZ). GUERRERO EN DATOS. Disponible en la página electrónica: http://www.sipaz.org/data/gro_es_03.htm. México. Fecha de Consulta: Mayo, 2006.
- Servicios Ambientales Urbanos S.A. de C.V. (SAU). RECOLECCION DE RESIDUOS, BARRIDO DE CALLES, REHABILITACION Y OPERACION DEL TIRADERO PLAYA DEL CARMEN, QUINTANA ROO. Documento electrónico disponible en: http://www.solidaridad.gob.mx/Admon_urbana/Servicios_publicos/serv_anb_urb.html. Fecha última actualización: Noviembre 2002. Fecha de consulta: Diciembre 2004.
- Silva, Teodoro; Et al. ESQUEMA DE UN MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional e Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN). México. Presentación en el III Simposium Internacional de Ingeniería y Ciencias para la Sustentabilidad Ambiental. Junio 2006.



- Stessel, Richard Ian. RECYCLING AND RESOURCE RECOVERY ENGINEERING: PRINCIPLES OF WASTE PROCESSING. Springer. EUA. 1996.
- Suárez, Ofelia. La BASURA ES UN TESORO (CULTURA DEL RECICLAJE, AGRICULTURA NATURAL, NO CONTAMINANTE Y OTRAS VÍAS HACIA UNA SOCIEDAD ECOLÓGICA). Venezuela. 1981.
- Tchobanoglous, G.; Hilary Theisen; Samuel A. Vigil. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Volumen I y II. Mc Graw Hill. España. 1994.
- Thesis Consultores, S.C. PRECIOS DE LOS MATERIALES RECUPERADOS A TRAVÉS DE LA PEPENA. Instituto Nacional De Ecología, Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. México. 2002.
- United Nations. Department of Economic and Social Affairs. AGENDA 21 CONTENTS. Division for Sustainable Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm>. Última actualización: Enero 2003. Fecha de Consulta: Febrero 2006.
- United Status Environmental Protection Agency (US-EPA). MUNICIPAL SOLID WASTE SOURCE REDUCTION A SNAPSHOT OF STATE INITIATIVES. Solid Waste and Emergency Response. Diciembre 1998.
- United Status Environmental Protection Agency (US-EPA). NATIONAL SOURCE REDUCTION CHARACTERIZATION REPORT FOR MUNICIPAL. *Solid Waste in the United States*. Solid Waste and Emergency Response. Noviembre 1999.
- Vásquez M., Mulás A., Aguilar O. y Sancho J. MANUAL PARA EL DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV), Oficialía Mayor y Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. México. 2001.
- Vásquez M., Mulás A., Aguilar O. y Sancho J. MANUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA REGIONAL DE RECICLAJE. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV), Oficialía Mayor y Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. México. 2001.
- Vásquez M., Mulás A., Aguilar O. y Sancho J. MANUAL PARA LA OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV), Oficialía Mayor y Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. México. 2001.
- Vásquez M., Mulás A., Aguilar O. y Sancho y Cervero J. MANUAL PARA EL MANEJO DE BASURA EN LOCALIDADES DE 100 HABITANTES, ALBERGUES Y CAMPAMENTOS. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV), Oficialía Mayor y Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. México. 2001.
- Vásquez-Et al, 2001) Vásquez M., Mulás A., Aguilar O. y Sancho J. MANUAL PARA LA REHABILITACIÓN Y CLAUSURA DE TIRADEROS A CIELO ABIERTO. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUV), Oficialía Mayor y Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. México. 2001.
- Wehenpohl, Günther. ANÁLISIS DEL MERCADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES RECICLABLES Y EVALUACIÓN DE SU POTENCIA DE DESARROLLO. Secretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico, Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Octubre – Noviembre. 1999.
- www.queretaro.gob.mx/sedesu/medioam/manressolidos/Manejoppt/Liga%201_Manejo%20de%20ResSol%20municipio.pdf.
- Zepeda, Francisco. EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Organización Panamericana de la salud y Organización Mundial de la Salud. División de Salud y Medio Ambiente. EUA. 1995.



ANEXO I FACTORES FÍSICOS DE LA SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Factores físicos	Clasificación de los factores
<p>Clima. Conjunto de fenómenos meteorológicos como la temperatura, humedad, precipitaciones (lluvia y nieve), presión atmosférica y vientos, que caracterizan el estado promedio de la atmósfera en un lugar periodo específicos.</p>	<p>Seco y Muy Seco, representan el 28.3% y 20.8% del país: Se localizan en el norte de la Altiplanicie Mexicana, a altitudes menores de mil 500 m, y se caracterizan por sus elevadas temperaturas y pocas precipitaciones durante todo el año.</p> <p>Cálido Húmedo y Cálido Sub-Húmedo, representan el 4.7% y 23% del país: Se caracteriza por tener una temperatura promedio del mes más frío es mayor a 18°C, y según el nivel de precipitación, tanto la anual como la del mes más seco, existen las siguientes variantes de este clima: húmedo con lluvias todo el año (con precipitación pluvial en el mes más seco mayor a 60 mm), húmedo con lluvias abundantes en verano (con precipitación en el mes más seco menor a 60 mm), y subhúmedo con lluvias en verano (con precipitación en el mes más seco menor a 60 mm)</p> <p>Templado Húmedo y Templado Sub-Húmedo representan el 2.7% y 20.5% del país: Se caracteriza por presentar temperaturas promedio entre -3°C y 18°C en el mes más frío del año, y superior a 10°C en el mes más caliente; presenta tres variantes según el régimen de humedad: lluvias todo el año, lluvias en verano, y lluvias en invierno</p>
<p>Suelo. Capa superficial de la corteza terrestre, formado por la erosión de las rocas descubiertas del subsuelo, provocada por el viento y el agua; las cuales forman partículas pequeñas que a lo largo de los siglos se acumulan en la superficie terrestre.</p>	<p>Existen mas de 7500 tipos de suelos, los más comunes son los: Oscuros o negros. Suelos muy fértiles por su materia orgánica. Rojos y amarillos. Suelos menos fértiles que los anteriores. Grisés. Suelos poco fértiles o prácticamente infértiles.</p>
<p>Hidrografía. Descripción de los océanos, mares, lagos, ríos y sus regiones costeras adyacentes del territorio.</p>	<p>Río. Corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. Cuando el río es corto y estrecho recibe el nombre de riacho, riachuelo o arroyo.</p> <p>Lago. Masa de agua dulce o salada, más o menos extensa, embalsada en tierra firme. Se puede formar la fractura de rocas estratificadas o por la formación de una represa natural en un río debida a la vegetación, un deslizamiento de tierras, la deposición de aluviones o lava volcánica, o la acumulación de hielo. El aporte de agua a los lagos viene de las precipitaciones atmosféricas o de ríos</p> <p>Lagunas. Pequeña masa de agua depositada en hondonadas del terreno.</p> <p>Mar. Masa de agua salada de tamaño inferior al océano. Existen tres categorías de mares: mares litorales, mares interiores o cerrados y los mares abiertos.</p> <p>Océano. Parte de la superficie terrestre ocupada por el agua marina. El océano está dividido por los continentes y grandes archipiélagos en cinco partes, que a su vez también se llaman océanos: Pacífico, Atlántico, Índico, Ártico y Antártico.</p>
<p>Ecosistema. Sistema constituido por los seres vivos existente en un lugar determinado y el medio ambiente que los rodea. Como sistema está formado por el conjunto de todos los seres vivos (la biocenosis) y el ambiente no vivo (el biotopo) que los rodea.</p>	<p>Bosques de clima frío (coníferas): región de vasta zona forestal donde predomina el pino y el abeto, con una fauna de venados, osos pardos, ardillas, etc; principalmente ubicada en la parte montañosa de Chihuahua, Durango y parte de Sinaloa.</p> <p>Bosques de clima templado o mixto: Región de vasta zona forestal donde</p>

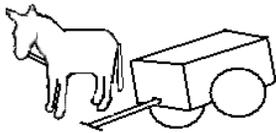
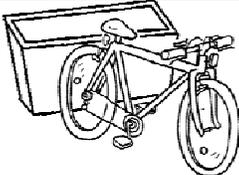
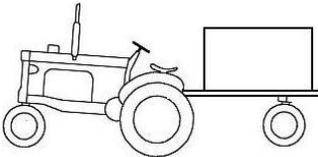
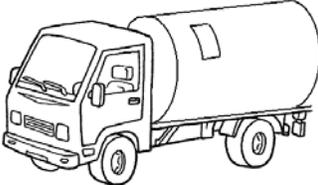


	<p>predominan árboles como el encino, roble, castaño, nogal y fresno, con una fauna de ciervos, zorros, ardillas y aves.</p> <p>Bosques de clima cálido (selva): región con una amplia variedad de árboles de 5 a 40 m, con hojas que caen rápidamente por la elevada temperatura y humedad, la fauna esta representada por varios insectos, aves, reptiles y mamíferos; principalmente ubicados en el sur de Veracruz, Tabasco, Quintana Roo y Chiapas.</p> <p>Pastizales: son regiones herbáceas con poca humedad, en donde crecen hierbas y árboles en sitios con agua, y se subdividen a su vez en: Estepas: regiones semidesérticas en las que por la escasez del agua crecen pastos pequeños; y generalmente sirven para alimentar grandes rebaños de bovino, lanar y caballar; predominantes en el norte de México.</p> <p>Sabanas: regiones en donde las hierbas se elevan a mayor altura que en las anteriores, como consecuencia de una estación lluviosa bien definida, principalmente ubicadas en las costas tropicales del golfo de México y Pacífico.</p> <p>Desierto: regiones donde la vegetación es escasa y de tipo xerófito, cuyas plantas subsisten a sus raíces largas ya sus hojas pequeñas o espinas que cubren gruesos tallos; predominan en Baja California, Sonora y Chihuahua.</p>
<p>Relieves continentales. Son las elevaciones y hundimientos que existen en la superficie de los continentes.</p>	<p>Depresiones: regiones continentales con una altitud inferior al nivel del mar o sobre el nivel del mar pero a una altura inferior a la de los terrenos colindantes.</p> <p>Llanuras: extensiones de tierras casi planas situadas entre 0 y 500 m sobre el nivel del mar, que en ocasiones presentan elevaciones o depresiones pequeñas o corrientes de agua de poca profundidad.</p> <p>Mesetas: regiones elevadas y relativamente planas.</p> <p>Montañas: Elevaciones de la corteza que tienen origen, formas y alturas diversas, que pueden clasificarse en colinas (poca altura), montañas medias (hasta 1500m) y montañas altas (mayores de 1500m). Agrupadas forman sierras y cordilleras.</p>

(Adaptado de Andrade, et al, 1991)

ANEXO II

II.1 TIPOS DE VEHÍCULOS RECOLECTORES Y SUS CARACTERÍSTICAS

No.	Vehículo Recolector	Características
1		Carreta triada por una mula. Vehículo recolector con sistema de contenedor tipo remolque. Capacidad de 1m ³ . Carga y descarga manual, lateral y trasera. Son comúnmente utilizados en zonas rurales. Requiere de un operador que guíe al animal de carga y recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado trato y alimentación del animal de carga.
2		Triciclo de carga trasera o carga frontal. Vehículo recolector con sistema de contenedor fijo. Capacidad de 1m ³ . Carga y descarga manual, lateral, trasera y frontal. Son comúnmente usados en calles estrechas, aplanadas o pavimentadas. Requiere de un operador que conduzca el triciclo y recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del triciclo.
3		Remolque de contenedor con Tractor. Vehículo recolector con sistema de contenedor tipo remolque Capacidad desde 1 a 3 m ³ . Carga y descarga manual, carga lateral y trasera, y descarga trasera. Son comúnmente usados en zonas rurales. Requiere de un operador que conduzca el tractor y recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del tractor y se requiere combustible.
5		Caja fija rectangular. Vehículo recolector con sistema de caja fija de forma rectangular. Capacidad desde 1 a 5 m ³ . Carga y descarga manual, lateral y trasera. Son comúnmente usados en zonas rurales y urbanas, debido a la simplicidad de la caja rectangular. Requiere de un conductor y un operador que recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del vehículo motorizado y de la caja.
6		Caja fija cilíndrica. Vehículo recolector con sistema de caja fija de forma tubular. Capacidad desde 1 a 5 m ³ . Carga manual y lateral. Descarga trasera. Cuenta con un sistema hidráulico para compactación y descarga de los residuos. Son comúnmente usados en urbanas, debido a la capacidad de recolección. Requiere de un conductor y un operador que recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del vehículo motorizado y de la caja tubular.
7		Caja fija con Compactación. Vehículo recolector con sistema de caja fija rectangular. Capacidad desde 8 a 20 m ³ . Carga manual o mecánica trasera. Descarga trasera. Cuenta con un sistema hidráulico para compactación y descarga de los residuos. Son comúnmente usados en urbanas, debido a la capacidad de recolección. Requiere de un conductor y un operador que recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del vehículo motorizado y el sistema hidráulico.
8		Contenedor tipo volteo. Vehículo recolector con sistema de caja fija rectangular. Capacidad desde 8 a 12 m ³ . Carga manual o mecánica con ayuda de una grúa. Descarga trasera con inclinación del contenedor para hacer el volteo. Cuenta con un sistema hidráulico para la descarga de los residuos. Son comúnmente usados para residuos de jardín, debido a que estos tienen gran peso, volumen y que puede provocar heridas al personal recolector. Requiere de un conductor y un operador que recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del vehículo motorizado y el sistema hidráulico, tanto para el volteo como para la grúa.

10		<p>Contenedores remolcados por transbordador. Vehículo recolector acuático con sistema de contenedor tipo remolque Capacidad desde 1 a 3 m³. Carga y descarga manual, lateral y trasera. Son comúnmente usados para transportar los residuos de las Islas que no cuenten con rellenos sanitarios ni métodos para reducir los volúmenes de residuos. Requiere de un operador que conduzca el transbordador o barcaza y recolecte los residuos. El mantenimiento estará en función del adecuado manejo del barco y del contenedor.</p>
----	---	---

II.3 PRODUCTOS Y TÉCNICAS DE REUSO Y RECICLAJE

Productos obtenidos del reciclaje de desechos

Residuos	Productos finales
Bagazo de caña de azúcar	Papel
Papel y cartón	Cartón
Poliétileno de alta densidad	Tarimas de plástico
Hule de llanta	Loderas para camión
Hule, cuerda nylon, alambre de acero	Llantas
Poliétileno, PVC	Poliducto para agua e instalaciones eléctricas
Madera de pino	Aglomerados
Pedacería de vidrio	Toda clase de productos de vidrio
Fibra de vidrio de tercera	Fibra de vidrio para aislamientos termostáticos
Chatarra de acero	Perfiles para fabricación, maquinaria y estructuras
Chatarra de aluminio, hierro y bronceo	Piezas de maquinaria en general
Chatarra de cobre	Conectores eléctricos, tuercas y válvulas
Chatarra de aluminio	Lingote de aluminio para la industria envasadora
Desperdicios de cinc, aluminio y plomo	Óxido de cinc
Desperdicios de conductores eléctricos	Barras de cobre
Pedacería de ladrillo refractario	Material refractario
Frutas, legumbres, pan, tortillas y carne en descomposición	Alimento para animales; mejoradores de suelos (composta)
Huesos y cartílagos	Alimentos, gelatinas, cosméticos, pegamentos, farmacéuticos, abonos y fertilizantes
Llantas	Suelas para zapatos, juegos infantiles
Plástico en película	Hidroxietil celulosa
Otros plásticos	Juguetes, suelas para zapatos tenis, etc.
Colchones viejos	Colchones y bases para colchón
Envases de vidrio	Envases para mermeladas, café, etc.
Botellas	Se vuelven a utilizar
Trapo	Estopa



Técnicas de reuso y reciclaje en el hogar

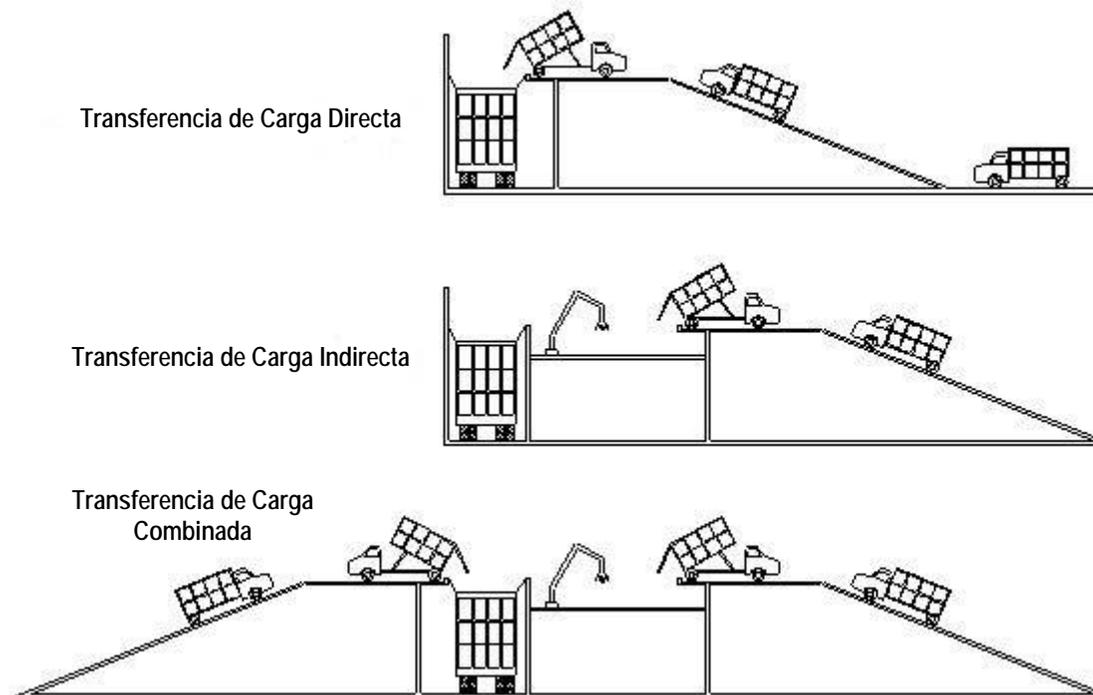
Material	Reuso o Reciclaje en el hogar
Papel y Cartón (periódico, revistas, papel de oficina)	reuso de papel blanco tipo bond elaboración artesanal de papel reciclado elaboración industrial de papel reciclado elaboración de artesanías con papel
Plásticos (PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS)	elaboración de artesanías con plástico reuso de envases como contenedores
Hule (llantas)	Masetas, bardas de contención hidroponía
Metales	elaboración de artesanías con metales, reuso de recipientes metálicos como contenedores
Vidrio	elaboración de artesanías con vidrio, reuso de envases como contenedores
Multicapas	fabricación de lámparas fabricación de masetas fabricación de artesanías fabricación de paredes y techos para casas
Textil (todo tipo de fibra natural, no nylon, impermeables, poliéster, etc.)	donación a instituciones de beneficencia, cruz roja, parroquias, etc. reuso como trapos de limpieza o retazos para confeccionar reuso de prendas como ropa de segunda mano

II.4 ESPECIFICACIONES DE COMPRA

Subproducto	Especificaciones de compra
Cartón	Seco
	Limpio
	Sin grapas, gomas y lazos
Papel	Seco
	Limpio
	Sin gomas, ni grapas
	Separado por tipo
Plástico	Limpio
	Sin mezcla de otros residuos
	Separado por tipo para ciertos procesos
	Molido Granulometría requerida
Latas	Limpias
	Sin mezcla de otros residuos
	Compactadas
Vidrio	Limpio
	Sin etiquetas
	Separado por color
	Separado por tipo para ciertos procesos
	Molido Granulometría requerida

Nota: Tolerancia para venta: Humedad de 8-10%; material extraño de 5% máximo

II.5 TIPOS DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA



II.6 EMPRESAS QUE BRINDAN TRATAMIENTO A MATERIALES RECICLABLES

Avangard México S.A. de C.V.

Se estableció en 1995 y cuenta con 15 plantas distribuidas a nivel nacional. Reprocesa y Comercializa (compra/venta) una gran diversidad de materiales plásticos y hules como ABS, CCM, EPS, HDP, HMW, IPS, LDP, LLD, NYL, PET, PPC, PPH, PVC y TPU, en formas y colores heterogéneos. Es una filial de AVANGARD Industries, Ltd., la cual es un gran comercializador y reciclador en Norteamérica, así como distribuidor y recuperador internacional de plásticos y hules. (Plásticos)

COPAMEX. S.A. de C.V.

Es una empresa considerada como uno de los principales fabricantes nacionales de productos derivados de la celulosa o del papel o con integración básica de papel y productos industriales de papel en términos de ventas. Los productos de la compañía comprenden papel para empaque, papeles para la escritura y la impresión, papel autocopiante, papeles especiales para usos diversos y pañales para bebé. Y sostiene los costos de los empaques de sus productos mediante la estrategia de autosuficiencia de fibra secundaria. Por lo que ha desarrollado la mas grande cadena de centros de recolección de papel para reciclar, con seis centros en México y cuatro en EUA. A finales del 2004 se abastecían al 100% de fibra secundaria y sus excedentes de captación los vendían al mercado abierto. (Papel)

Dimexa. S.A. de C.V.

Distribuidora de Metales Xalostoc, S.A. de C.V., ES una empresa dedicada al acopio y acondicionamiento de los principales metales como: aluminio, bronce, cobre y acero inoxidable; y sólo compra al mayoreo y la mayoría de estos materiales los exportan una vez acondicionados. Esta se ubica en el D.F., y cuenta con sucursales en Toluca, Tampico y Veracruz. (Metales)

**Ecoltec**

Es una empresa que brinda el servicio de manejo, tratamiento y coprocesamiento de residuos, entre ellos grandes volúmenes de cualquier clase de residuos sólidos municipales que pueden servir como combustible para el procesamiento de cemento; cuenta con el apoyo de las 6 plantas cementeras de Holcim Apasco (distribuidas en Coahuila, Colima, Edo. de México, Veracruz, Guerrero y Tabasco) y 4 Estaciones de Transferencia (Jalisco, Guanajuato, Edo. de México y Puebla). Básicamente se encarga (ECOLTEC, 2003). (Todos)

Fundidora Técnica, S.A.

Es una empresa de fundición, ubicada en Naucalpan, Estado de México, la cual inició operaciones en 1963. Es una pequeña empresa de 38 empleados, con una capacidad de 700 ton por año de aluminio. Produce piezas misceláneas para diversos sectores industriales. En el proceso de fusión cuenta con cuatro hornos de crisol operados a base de gas L.P., tres hornos de 300 Kg cada uno y uno de 150 Kg para bronce. En relación con el sistema de moldes, usa arena verde reciclada. Las operaciones de acabado incluyen corte y esmerilado. Es conveniente que en México solo existen 618 empresas dedicadas a la fundición. (Metales)

Recicladora Cachanilla, S.A. de C.V.

Es una empresa dedicada al acopio y acondicionamiento de materiales no ferrosos, compra tanto al menudeo como al mayoreo y los materiales ya acondicionados generalmente son exportados a EUA y Asia. Se encuentra ubicada en Tijuana. (Metales)

Reciclados Crisol

Es la División de reciclados de Crisol Textil, S.A. de C.V. el cual pertenece al Grupo CRISOL, que fue fundado a finales de los años 70s en nuestro país, fue una de las primeras industrias productoras de textiles en México y es uno de los grandes productores de acrílico, poléster y sus mezclas. El Grupo Crisol tiene la ventaja de contar con empresas recicladoras a nivel internacional, entre las cuales destaca por ser de las más modernas del mundo y operar en grandes escalas. La empresa Reciclados CRISOL adquirió la tecnología de la empresa United Resource Recovery Corporation (RUC) de Estados Unidos, la cual recibió la aprobación de la FDA (Food and Drug Administration). Y se encarga principalmente de reciclar 1,500 toneladas de Termoplásticos, Plásticos y Textiles al mes. (Plásticos y Textiles)

Repak

Es una empresa que recicla envases polilaminados, de aluminio, polietileno y celulosa, mejor conocidos como Tetrapak. Tiene una capacidad de almacenamiento de 600 Ton diarias de tetrapak de rechazo y de residuos de postconsumo provenientes del área metropolitana de la Ciudad de México. Puede reciclar 300 millones de empaques al año, obteniendo alrededor de 450 Ton mensuales de celulosa. Sin embargo también produce 120 Ton de PET y 30 de aluminio, que aun no son reciclados y son enviados a rellenos sanitarios.

Vitro

Es una empresa que se dedica a la fabricación y distribución de vidrio plano para las industrias automotriz y de la construcción, y de envases. Cuenta con 9 plantas y centros de distribución en todo el país para el vidrio plano y 6 plantas para los envases, así como de un centro de procesamiento de materias primas. Es el mayor productor de vidrio plano en México y el segundo en toda América Latina, abastece a distintos mercados con productos que van desde vidrio automotriz, vidrio para la construcción, vidrio templado, vidrio de seguridad y vidrio de control solar, hasta envases para bebidas, alimentos, vinos y licores, cosméticos, artículos de tocador, perfumes, medicinales e industriales hasta latas de aluminio (Vitro, 2002). (Vidrio)}

Xolox, S.A. de C.V.

Es una empresa de fundición que inició operaciones en 1979 en la Ciudad de México, pero que en 1982 se mudó a Querétaro. Cuenta con 170 empleados, opera a una capacidad de 1,200 ton por año de aluminio. Produce piezas exclusivamente para la industria automotriz. En el proceso de fusión cuenta con cinco hornos de reverbero operados a base de gas L.P. de 1,200 Kg cada uno, cuyos moldes son permanentes. La arena del sistema no se recicla, las operaciones de acabado incluyen el sanblasteo en sistemas cerrados y tratamiento térmico en hornos a base de gas L.P. (metales)



ANEXO III

III.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN EN ALDEA DE LOS REYES

Paso 1. Obtención de Datos de la Población y Premuestra

- Población: Aldea de los Reyes, del Municipio de Amecameca, Estado de México.
- Tipo de localidad semirural y nivel socioeconómico medio
- Tamaño de la premuestra (n) = 37 casas-habitación
- Riesgo = 0.2, de acuerdo a la NMX-061-AA-1985.

La siguiente tabla muestra la generación promedio de cada una de las 37 muestras.

GENERACIÓN PROMEDIO (kg/hab-día)			
0.222	0.933	0.675	0.103
0.201	0.217	0.000	0.000
0.224	0.231	0.264	0.000
0.654	0.076	0.316	1.158
0.704	0.324	0.337	0.180
0.112	0.000	0.157	0.183
0.322	0.091	0.122	2.367
0.681	0.372	0.000	
0.000	0.597	0.000	
0.200	0.335	0.107	

Paso 2. Enumerar en orden progresivo los datos y ordenarlos en forma creciente.

GENERACIÓN PROMEDIO (kg/hab-día)							
No.	Generación	No.	Generación	No.	Generación	No.	Generación
1	0.222	11	0.933	21	0.675	31	0.103
2	0.201	12	0.217	22	0.000	32	0.000
3	0.224	13	0.231	23	0.264	33	0.000
4	0.654	14	0.076	24	0.316	34	1.158
5	0.704	15	0.324	25	0.337	35	0.180
6	0.112	16	0.000	26	0.157	36	0.183
7	0.322	17	0.091	27	0.122	37	2.367
8	0.681	18	0.372	28	0.000		
9	0.000	19	0.597	29	0.000		
10	0.200	20	0.335	30	0.107		

Paso 3. Análisis de rechazo de observaciones sospechosas aplicando el criterio de Dixon.

a. Cálculo del valor del estadístico "r" para las siguientes situaciones:

1. Sospecha del elemento máximo de la premuestra, $r_{\max} = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$

Donde:

- X = elemento de la premuestra
- n = Número de observaciones o elemento mayor
- l = El elemento menor.
- $i = n - (j-1)$.
- j = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.



2. Sospecha del elemento mínimo de la premuestra, $r_{\min} = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$

Donde:

- X: elemento de la premuestra.
- n: número de observaciones o elemento mayor.
- l: elemento menor.
- j: elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha.
- $i = n - (j-1)$

El valor obtenido para el estadístico r, debe ser comparado con el valor estadístico permisible: ($r_{1-\alpha/2}$)

3. Cálculo del valor del Estadístico "r" permisible

Considerando el riesgo tomado de 0.2, Riesgo $\alpha = 0.2$ $r_{1-\alpha/2} = r_{1-0.2/2} = r_{1-0.1} = r_{0.90}$

4. Se busca en las tablas correspondientes a la distribución "t" de Student del NMX-061-AA-1987 con un valor de $r(0.90,30)$

$$r_{(0.90,30)} = 0.360$$

5. Interpolando se obtiene:

$$r_{\text{permisible}} = 0.360$$

b. Análisis de la "cola superior"

Para aceptar o rechazar los elementos 30 y 31 de los cuales se sospechan como máximo de la premuestra, se tiene lo siguiente:

1. Como $j = 2$ (elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha) entonces:

$$X_j = X_2 = 0.091 \text{ kg / hab - día}$$

$$X_n = X_{30} = 2.367 \text{ kg / hab - día}$$

$$i = n - (j - l) = 30 - (2 - 1)$$

$$i = 29$$

$$X_i = X_{29} = 1.158 \text{ kg / hab - día}$$

2. Con los datos obtenidos aplicamos la fórmula

$$r_{\text{máx}} = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$$

$$r_{\text{máx}} = \frac{2.367 - 1.158}{2.367 - 0.091}$$

$$r_{\text{máx}} = 0.531$$

3. Comparando $r_{\text{máx}}$ con $r_{\text{permisible}}$ tenemos:

$$r_{\text{máx}} = 0.531$$

$$r_{\text{permisible}} = 0.360$$

$$0.531 > 0.360$$

$$\therefore r_{\text{máx}} > r_{\text{permisible}}$$

4. Por lo tanto se rechazan los 2 últimos elementos de la muestra que integran la cola superior, dado que son menores que el permisible.



c. Análisis de la “cola inferior”

1. De igual forma que el análisis anterior se tiene lo siguiente:

$$X_i = X_2 = 1.158 \text{ kg / hab - día}$$

$$X_j = 0.091 \text{ kg / hab - día}$$

$$X_l = 0.076 \text{ kg / hab - día}$$

$$r_{\min} = \frac{X_j - X_l}{X_i - X_l}$$

$$r_{\min} = \frac{0.091 - 0.076}{1.158 - 0.076}$$

$$\therefore r_{\min} = 0.014$$

2. Comparando r_{\min} con $r_{\text{permisible}}$ tenemos:

$$r_{\min} = 0.014$$

$$r_{\text{permisible}} = 0.360$$

$$0.014 < 0.360$$

$$\therefore r_{\max} < r_{\text{permisible}}$$

3. Por lo tanto se aceptan los dos elementos en estudio que integran la cola inferior y de los cuales se sospechaba dado que r_{\max} es menor que el permisible.

Paso 4. Análisis de los valores estadísticos

Obtención de la media, mediana y moda de la generación per cápita diaria y la desviación estándar. El cálculo de los siguientes estadísticos se determinó con calculadora científica.

ESTADÍSTICOS	RESULTADOS
Media: valor promedio de la lista de datos	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = 0.430 \text{ kg / hab - día}$
Mediana: valor que se sitúa en medio en una lista de datos ordenados	<i>mediana = 0.231 kg / hab - día</i>
Moda: valor que más se repite en una lista de datos ordenados	<i>No hay valor modal</i>
Varianza	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1} = 0.074$
Desviación estándar	$S = \sqrt{S^2}$ $S = 0.272$

Paso 5. Determinación del tamaño real de la muestra



Este cálculo se realiza con la siguiente expresión: $n_1 = \left(\frac{t * S}{E} \right)^2$

Donde:

- n_1 = Es el tamaño real de la muestra
- E = Error muestral.
- En este caso se utilizó E = 0.06, que está dentro del rango que marca la norma NOM-AA-61-1985
- S = Desviación estándar de la premuestra = 0.272 kg/hab-día
- t = Percentil de la distribución t de student que corresponde al nivel de confianza. (Tabla percentil de la distribución $t(1 - \alpha / 2)$, NOM-AA-61-1985).

1. Para determinar el valor del percentil t se necesita calcular el valor $1 - \alpha / 2$: $1 - \alpha / 2 = 1 - 0.1 = 0.90$
2. Por lo tanto el valor t se busca en la columna t90
3. Para conocer el valor de t con t90 y 30 observaciones, se tiene: $t(0.90,30)=1.310$
4. Aplicando la fórmula para calcular el valor real de la muestra tenemos:

$$n_1 = \left(\frac{t * S}{E} \right)^2$$

$$n_1 = \left(\frac{1.310 * 0.272}{0.06} \right)^2$$

$$n_1 = 35.28$$

5. Comparando n con n1 tenemos: $n = 37 > n_1 = 35.28$
6. Por lo tanto, se toman las 30 observaciones.

Paso 6. Análisis de confiabilidad

1. Para este análisis se establecen las hipótesis nulas y la alternativa (se aceptará la H_0 si en H_1 las muestras son diferentes):

$$H_0 : \bar{X} = \mu$$

$$H_1 : \bar{X} \neq \mu$$

2. Se calcula el estadístico t con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\mu - \bar{X}}{S/\sqrt{n}}$$

$$E = \mu - \bar{X}$$

$$t = \frac{E}{S/\sqrt{n}} = \frac{0.06}{0.272/\sqrt{30}} = 1.208$$

3. De la tabla de puntos porcentuales de la distribución t, de la NMX-061-AA-1985 se tiene lo siguiente:

$$t_{(0.8,30)} = 0.854$$

$$t_{(0.9,30)} = 1.310$$

$$t_{(0.9,30)} = 1.310 > 1.208$$

4. Para conocer el grado de confiabilidad con que vamos a aceptar la hipótesis nula se realiza lo siguiente:

$$\text{Si } 0.90 = 1 - \alpha / 2$$



Despejando a α tenemos: $(1 - 0.90) \times 2 = \alpha$

Por lo tanto el valor de α es: $\alpha = 0.2$

$\therefore \% \text{ confiabilidad} = (1 - 0.2) \times 100$

$\% \text{ confiabilidad} = 80\%$

- Por lo cual si se aceptó la hipótesis nula y rechazamos lo alternativa, aceptamos el tamaño de la muestra como representativa del universo de trabajo con un 80% de confiabilidad.

III.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN EN EL PARAÍSO

Paso 1. Obtención de Datos de la Población y Premuestra

- Población: El Paraíso, del Municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero.
- Nivel socioeconómico: medio/bajo
- Tamaño de la premuestra (n) = 61 casas-habitación
- Riesgo = 0.10

La siguiente tabla muestra la generación promedio de cada una de las 61 muestras.

GENERACIÓN PROMEDIO (kg/hab/día)			
0.301	0.281	0.364	0.796
0.544	0.393	0.509	0.580
0.290	0.725	0.412	0.703
0.187	0.579	0.242	0.517
0.215	0.219	0.517	0.722
0.354	0.260	0.546	0.591
0.252	0.331	0.288	0.835
0.177	0.314	0.569	1.413
0.236	0.406	0.423	0.251
0.750	0.243	0.773	0.389
0.411	0.942	0.694	0.265
0.808	0.530	0.374	0.463
0.312	0.541	0.102	0.200
0.687	0.314	0.207	
0.289	0.533	0.327	
0.808	0.547	0.757	

Paso 2. Enumerar en orden progresivo los datos y ordenarlos en forma creciente.

GENERACIÓN PROMEDIO (kg/hab - día)									
N°	Generación	N°	Generación	N°	Generación	N°	Generación	N°	Generación
1	0.102	14	0.265	27	0.374	40	0.541	53	0.750
2	0.177	15	0.281	28	0.389	41	0.544	54	0.757
3	0.187	16	0.288	29	0.393	42	0.546	55	0.773
4	0.200	17	0.289	30	0.406	43	0.547	56	0.796
5	0.207	18	0.290	31	0.411	44	0.569	57	0.808
6	0.215	19	0.301	32	0.412	45	0.579	58	0.808
7	0.219	20	0.312	33	0.423	46	0.580	59	0.835
8	0.236	21	0.314	34	0.463	47	0.591	60	0.942
9	0.242	22	0.314	35	0.509	48	0.687	61	1.413
10	0.243	23	0.327	36	0.517	49	0.694		



11	0.251	24	0.331	37	0.517	50	0.703		
12	0.252	25	0.354	38	0.530	51	0.722		
13	0.260	26	0.364	39	0.533	52	0.725		

Paso 3. Análisis de rechazo de observaciones sospechosas aplicando el criterio de Dixon.

a. Cálculo del valor del estadístico "r" para las siguientes situaciones:

6. Sospecha del elemento máximo de la premuestra, r max. $r_{m\acute{a}x} = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$

Donde:

- X = elemento de la premuestra
- n = Número de observaciones o elemento mayor
- l = El elemento menor.
- i = n - (j-1).
- j = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

7. Sospecha del elemento mínimo de la premuestra, r min.

$$r_{\min} = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$$

Donde:

- X: elemento de la premuestra.
- n: número de observaciones o elemento mayor.
- l: elemento menor.
- j: elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha.
- i = n - (j-1)

El valor obtenido para el estadístico r, debe ser comparado con el valor estadístico permisible: ($r_{1-\alpha/2}$)

8. Cálculo del valor del Estadístico "r" permisible

Considerando el riesgo tomado de 0.1 Riesgo $\alpha = 0.1$ $r_{1-\alpha/2} = r_{1-0.1/2} = r_{1-0.05} = r_{0.95}$

9. Se busca en las tablas correspondientes a la distribución "t" de Student con un valor de r(0.95,90)

10. Interpolando se obtiene:
 $r_{(0.95,90)} = 0.406$
 $r_{permisible} = 0.406$

b. Análisis de la "cola superior"

Para aceptar o rechazar el elemento 61 que es el máximo de la premuestra, se tiene lo siguiente:

5. Como j = 3 (elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha) entonces:



$$X_j = X_3 = 0.187 \text{ kg / hab - día}$$

$$X_n = X_{61} = 1.413 \text{ kg / hab - día}$$

$$i = n - (j - 1) = 61 - (3 - 1)$$

$$i = 59$$

$$X_i = X_{59} = 0.835 \text{ kg / hab - día}$$

6. Con los datos obtenidos aplicamos la fórmula

$$r_{\text{máx}} = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$$

$$r_{\text{máx}} = \frac{1.413 - 0.835}{1.413 - 0.187}$$

$$r_{\text{máx}} = 0.471$$

7. Comparando $r_{\text{máx}}$ con $r_{\text{permisible}}$ tenemos:

$$r_{\text{máx}} = 0.471$$

$$r_{\text{permisible}} = 0.406$$

$$0.471 > 0.406$$

$$\therefore r_{\text{máx}} > r_{\text{permisible}}$$

8. Por lo tanto se rechaza los últimos 3 elementos de la muestra que integran la cola superior, dado que son menores que el aceptado.

c. Análisis de la "cola inferior"

4. De igual forma que el análisis anterior se tiene lo siguiente:

$$X_j = X_2 = 0.177 \text{ kg / hab - día}$$

$$i = n - (j - 1) = 61 - (2 - 1)$$

$$i = 60$$

$$X_i = X_{60} = 0.942 \text{ kg / hab - día}$$

$$X_l = 0.102 \text{ kg / hab - día}$$

$$r_{\text{mín}} = \frac{X_j - X_l}{X_i - X_l}$$

$$r_{\text{mín}} = \frac{0.177 - 0.102}{0.942 - 0.102}$$

$$\therefore r_{\text{mín}} = 0.089$$

5. Comparando $r_{\text{mín}}$ con $r_{\text{permisible}}$ tenemos:



$$r_{\min} = 0.089$$

$$r_{\text{permisible}} = 0.406$$

$$0.089 < 0.406$$

$$\therefore r_{\max} < r_{\text{permisible}}$$

6. Por lo tanto se acepta el elemento en estudio y de igual manera se aceptan también los otros tres que integran la cola inferior, dado que son menores que el aceptado.

Paso 4. Análisis de los valores estadísticos

Obtención de la media, mediana y moda de la generación per-cápita diaria y la desviación estándar. El cálculo de los siguientes estadísticos se determinó con calculadora científica.

ESTADÍSTICOS	RESULTADOS
Media: valor promedio de la lista de datos	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = 0.438 \text{ kg/hab-día}$
Mediana: valor que se sitúa en medio en una lista de datos ordenados	$\text{mediana} = X_{(29+30)/2} = 0.400 \text{ kg/hab-día}$
Moda: valor que más se repite en una lista de datos ordenados	$\text{moda} = 0.314 \text{ kg/hab-día}$
Varianza	$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1} = 0.038$
Desviación estándar	$S = \sqrt{S^2}$ $S = 0.194$

Paso 5. Determinación del tamaño real de la muestra

Este cálculo se realiza con la siguiente expresión: $n_1 = \left(\frac{t * S}{E} \right)^2$

Donde:

- n_1 = Es el tamaño real de la muestra
- E = Error muestral.
- En este caso se utilizó E = 0.06, que está dentro del rango que marca la norma NOM-AA-61-1985
- S = Desviación estándar de la muestra = 0.194 kg/hab-día
- t = Percentil de la distribución t de student que corresponde al nivel de confianza. (Tabla percentil de la distribución $t(1 - \alpha/2)$,

NOM-AA-61-1985

7. Para determinar el valor del percentil t se necesita calcular el valor $1-\alpha/2$:
 $1 - \alpha/2 = 1 - 0.05 = 0.95$
8. Por lo tanto el valor t se busca en la columna t95
9. Para conocer el valor de t con t95 y 58 observaciones, se tiene: $t(0.95,58)=1.671$
10. Aplicando la fórmula para calcular el valor real de la muestra tenemos:



$$n_1 = \left(\frac{t * S}{E} \right)^2$$

$$n_1 = \left(\frac{1.671 * 0.194}{0.06} \right)^2$$

$$n_1 = 29.12$$

11. Comparando n con n1 tenemos: $n = 58 > n_1 = 29.12$
12. Por lo tanto, se toman las 61 observaciones.

Paso 6. Análisis de confiabilidad

6. Para este análisis se establecen las hipótesis nulas y la alternativa (se aceptará la H_0 si en H_1 las muestras son diferentes):

$$H_0 : \bar{X} = \mu$$

$$H_1 : \bar{X} \neq \mu$$

7. Se calcula el estadístico t con la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\mu - \bar{X}}{S/\sqrt{n}}$$

$$E = \mu - \bar{X}$$

$$t = \frac{E}{S/\sqrt{n}} = \frac{0.06}{0.194/\sqrt{58}} = 2.358$$

8. De la tabla de puntos porcentuales de la distribución t se tiene lo siguiente:

$$t_{(0.975,58)} = 2.002$$

$$t_{(0.993,58)} = 2.393$$

$$t_{(0.995,58)} = 2.664$$

$$\therefore t_{(0.993,58)} = 2.393 > 2.358$$

9. Para conocer el grado de confiabilidad con que vamos a aceptar la hipótesis nula se realiza lo siguiente:

$$\text{Si } 0.993 = 1 - \alpha / 2$$

$$\text{Despejando a } \alpha \text{ tenemos: } (1 - 0.993) \times 2 = \alpha$$

$$\text{Por lo tanto el valor de } \alpha \text{ es: } \alpha = 0.014$$

$$\therefore \% \text{ confiabilidad} = (1 - 0.014) \times 100$$

$$\% \text{ confiabilidad} = 98.6\%$$

10. Por lo cual si se aceptó la hipótesis nula y rechazamos lo alternativa, aceptamos el tamaño de la muestra como representativa del universo de trabajo con un 98.6% de confiabilidad.

**ANEXO IV
ARCHIVO FOTOGRAFICO**

Akumal, Solidaridad, Quintana Roo



Entrada de Akumal



Miembros de cooperativa organica



Educación Ambiental en el CEA



Plsya Akumal



Aldeã de los Reyes

El Paraíso,, Atoyac de Álvarez, Guerrero



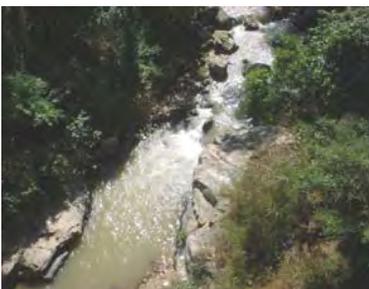
Recolección de muestras



Separación de muestras



Seleccionadores en Relleno Sanitario



Río Atoyac



Encuestas a la Población



Recolección de Muestras



Pesaje de muestras



ANEXO V ELABORACIÓN DE COMPOSTA A NIVEL DOMICILIAR

La composta es una manera fácil, acelerada y controlada que ha desarrollado el hombre para producir humus a partir de los residuos de materia orgánica. El proceso para su elaboración, el compostaje, es muy simple que requiere un mantenimiento mínimo, y sirve para reducir el volumen de los RSM que innecesariamente se envían a tiraderos o rellenos sanitarios (Padilla y Espino, 2001).

El compostaje es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos de alimentos y residuos de jardín), permitiendo obtener "composta", el cual es un abono excelente para la agricultura. La composta se puede definir como el resultado de un proceso biológico de degradación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. Es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. A continuación se presentan los beneficios de la composta, breve explicación del proceso biológico de conversión de la composta en humus, las materias primas que sirven para elaborar la composta, los materiales y herramientas necesarias para producir composta a nivel domiciliario (en la propia casa-habitación), el procedimiento para elaborar la composta a nivel domiciliario, así como los factores que se deben controlar para la producción eficiente y segura de la composta en casa.

Beneficios de la composta

A continuación se presentan los beneficios que puede aportar la producción de composta con la materia orgánica (residuos de alimentos y de jardín) generada en la propia casa-habitación, sugeridos por (Cerisola, 1989).

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes nitrógeno N, fósforo P, potasio K y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

Breve explicación del Proceso

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura, el mesolítico, el termofílico, el de enfriamiento y el de maduración, en el cual básicamente los microorganismos que se reproducen se alimentan de la materia orgánica y al excretarla se forma el humus.

- Mesolítico. La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- Termofílico. Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.
- De enfriamiento. Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- De maduración. Es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Materias primas para elaborar composta

Para la elaboración de la composta se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

- Restos de cosechas. Pueden emplearse para hacer composta o como acolchado. Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc. son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc. son menos ricos en nitrógeno.
- Abonos verdes, siegas de césped, malas hierbas, etc.



- Las ramas de poda de los frutales. Es preciso triturarlas antes de su incorporación a la composta, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- Hojas. Pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
- Restos urbanos. Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc.
- Estiércol animal. Destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, conejina o sirle, estiércol de caballo, de oveja y los purines.
- Complementos minerales. Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo.
- Plantas marinas. Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas como Posidonia oceánica, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de composta ya que son compuestos ricos en N, P, C, oligoelementos y biocompuestos cuyo aprovechamiento en agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés.
- Algas. También pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos y fertilizantes para la fabricación de composta.

Materiales y herramientas

Para poder elaborar la composta casera (a nivel domiciliar) se requiere de ciertos materiales y herramientas, las cuales se describen a continuación.

- **Materiales:** Se requiere, obviamente de la materia orgánica separada tanto en residuos de jardín como en residuos de alimentos (sin mezclarlos) y tierra. La primera es la materia prima para la elaboración de la composta, los residuos verdes son ricos en nitrógeno y proteínas, fundamentales para la reproducción de los microorganismos, y los residuos cafés, son ricos en azúcar, que brinda la fuente de energía para que los microorganismos produzcan la composta. La tierra sirve como material de cubierta y evitar la atracción de fauna y emanación de olores desagradables.
- **Herramientas:** uno o tres composteros (recipientes para elaborar la composta), dependiendo de la cantidad a producir. El compostero es el reactor en donde se llevará la reacción de descomposición, en el se almacenarán los residuos y la tierra para ser procesados en composta. Se pueden fabricar de diversas maneras, como un recipiente rectangular de 60cmx60cmx90cm, ya sea de 3 o 4 huacales de madera sobrepuestos, de malla de alambre con bordes de madera para brindar el soporte o sin estos, en el que la misma malla forme un cilindro, de un recipiente cilíndrico vertical de plástico o metal (con una malla dispuesta internamente, para permitir la aireación del material, y de un recipiente cilíndrico horizontal el cual puede ser empotrado y provisto de un volante para mezclar periódicamente los residuos. Todo compostero debe tener una pequeña puerta en el inferior de esta para dar salida al humus formado, sin necesidad de sacar la composta en proceso de formación colocada en la parte superior.

A continuación se muestran fotografías de ejemplos de cada uno de estos composteros mencionados.



Recipiente rectangular de madera



Recipiente rectangular hecho con Huacales de madera sobrepuestos (Padilla y Espino, 2001)



Recipiente rectangular hecho con malla de alambre con marco de madera (Padilla y Espino, 2001)



Recipiente cilíndrico hecho con malla de alambre
(Padilla y Espino, 2001)



Recipiente cilíndrico vertical de metal o plástico



Recipiente cilíndrico horizontal de metal
(Padilla y Espino, 2001)

Figura C.1 Diferentes tipos de composteros

Procedimiento para elaborar composta casera

Se coloca diariamente los residuos de alimentos en el contenedor destinado para estos en la cocina y los residuos de jardín en un bote aparte, generalmente dispuestos en el exterior de la casa (en el jardín o traspatio). De acuerdo a la generación de estos residuos se deben calcular las dimensiones de los recipientes y del compostero (ver cálculo de capacidad de contenedores del anexo A).

Se recomienda desmenuzar, cortar o triturar lo más posible los residuos orgánicos y eliminar el exceso de líquido escurriéndolos en una coladera. Si el compostero no va colocado sobre la tierra directamente es necesario poner una capa de tierra con un espesor de aproximadamente 5cm. Sobre esta capa se esparce una capa de residuos de jardín, después sobre esta se esparce una capa de residuos de alimentos, y después otra de residuos de jardín, todas las capas deben ser distribuidas uniformemente y deben ser de igual grosor. Cada carga de residuos dispuestos en el compostero debe ser la generada diariamente. A veces si las capas son muy gruesas o se despiden olores se puede agregar una capa final de tierra y/o aserrín, pero mas delgada. Los residuos de pescado o carne se deben meter en las capas más antiguas del compostero, donde la temperatura sea mayor y se acelere el proceso de descomposición.

No se debe comprimir manualmente el material dispuesto, pues bloquear el aire necesario para que los microorganismos respiren. Para acelerar el proceso de fermentación, los residuos orgánicos generados diariamente pueden irse almacenando por tres días en el contenedor de la cocina, después de tres días de fermentación sin tierra, se puede agregar al compostero y el proceso dentro de este será mas rápido.

La composta madura tarda entre 3 semanas y 4 meses para producirse. Si se cuenta con 2 composteros se puede dejar madurar la composta en el primer compostero usado, y empezar a trabajar nueva composta en el otro. La composta madura se extra después de 4 meses de la puerta inferior del compostero. La composta madura o humus debe tener un color oscuro y olor a tierra fresca y húmeda (Padilla y Espino, 2001). En las figuras siguientes se puede observar la producción de composta en un compostero.



Figura C.2 Proceso de producción de composta
(Cerisola, 1989)



ANEXO VI DIMENSIONAMIENTO DE PILAS DE COMPOSTA

Para que se realice la composta con los residuos orgánicos de toda la localidad, se requiere cierta metodología mínima, la cual deberá ser ampliada y estudiada de diversas referencias especializadas para el manejo de pilas de composta o plantas de composta. La siguiente metodología se elaboró en base al material proporcionado en el documento "Composteo de residuos forestales y orgánicos"

1. Recibir y colocar los residuos orgánicos, desmenuzados y homogeneizados, sobre una superficie plana e impermeable.
2. Formar pilas de sección trapezoidal de área definida y longitudinal variable dependiendo de las dimensiones del terreno con que se cuente; considerando:
 - Que los taludes tengan una relación alto-ancho de 1:1.5 a 1:3 siendo el 1:2 el más conveniente.
 - Que entre menor sea la altura de la pila se requerirá mayor área para la longitud de esta.
 - Que entre menor sea la altura no se alcanzarán las temperaturas adecuadas al interior de las pilas para la biodegradación de la materia orgánica.
 - Que las alturas utilizadas recomendadas sean como mínimo de 1.0 m hasta un máximo de 2.0 m.
3. Voltear periódicamente la pila y controlar las condiciones de operación y ambientales (humedad, pH, relación C/N, temperatura, aireación, colecta de lixiviados y aguas pluviales, para usar como medio de riego para las pilas, etc.).
4. Dejar reposar la pila para que alcance su maduración (estabilización).
5. Cribar para refinar el producto y aplicar composta a tierras de cultivo, según tipo de composta y época del año.

Dimensionamiento y Arreglo de las Pilas

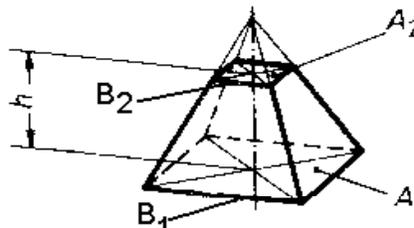
A partir de residuos orgánicos desmenuzados y homogeneizados se solicita diseñar la geometría, las dimensiones, el número de pilas y el área requerida para llevar a cabo el proceso de compostaje.

a) Datos que se requieren para el diseño de las pilas:

- Cantidad de residuos por día: 15,000 kg/día
- Peso volumétrico medio de los residuos orgánicos: 300 kg/m³
- Dimensiones del terreno: 1 has

b) Consideraciones de diseño:

- Las pilas se forman en base a la geometría de un obelisco.



- Las bases son rectangulares situadas en planos paralelos, las caras laterales opuestas tienen igual inclinación con la base, pero no se cortan en un punto.

- Dimensiones del Talud (relación alto-ancho): 1:1.5
- Separación entre pilas = 3.0 m.



- Tiempo del proceso = 60 días.

c) Cálculo para obtener las dimensiones de la pila:

- Aplicar las siguientes ecuaciones para obtener dimensiones.

$$V = \frac{P}{PV} = \frac{15,000\text{kg}}{300\text{kg/día}} = 50\text{m}^3 / \text{día}$$

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \approx h \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Donde:

V = Volumen, en m³

P= Peso de los residuos, en kg

PV= Peso Volumétrico, en kg/m³

h= Altura, en m

A₁ = Ancho inferior de la pila, m

A₂ = Ancho superior de la pila, m

B₁ = Largo inferior de la pila, m

B₂ = Largo superior de la pila, m

- Resultados obtenidos:

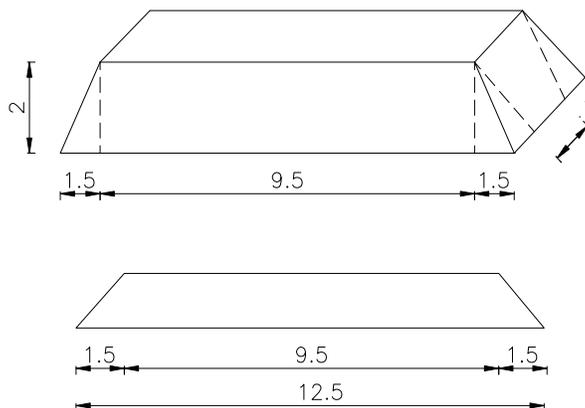
Volumen de la pila (m ³)	Altura de la pila (m)	Ancho inferior (m)	Largo inferior (m)	Ancho superior (m)	Largo superior (m)
V	H	A1	B1	A2	B2
54.20	2	4	12.5	1	9.5
Cantidad de recepción esperado			15,000 Kg/día		
Peso volumétrico de los residuos :			300 Kg/m ³		
Volumen diario de residuos			54.20 m ³ /día		

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

$$\approx h \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Talud 1:1.5

- Geometría de las pilas:





ANEXO VII LISTA DE VERIFICACIÓN PARA DIAGNÓSTICO DEL RELLENO SANITARIO

Características generales del Relleno Sanitario Municipal de Amecameca, Estado de México.

- Población atendida: Cabecera municipal, 6 delegaciones y 2 subdelegaciones (entre ellas Aldea de los Reyes).
- Inicio de operación: 5 de junio del 2003.
- Celdas de diseño: 4 celdas diseñadas para operar 2 años y medio.
- Vida Útil del relleno sanitario: 10 años efectivos.
- Contiene: geomembrana de polietileno de alta densidad, laguna de lixiviados
- Residuos recibidos diariamente: 28 a 30 Ton diarias de residuos
- Material de cubierta: tierra y grava principalmente (colocada cada 15 días)
- Compactación: con el mismo tractor y peso de los residuos.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-2003 "Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial".

REQUERIMIENTOS DE LA NOM-083-SEMARNAT-2003		SI	NO	OBSERVACIONES
5. Disposiciones generales				
5.1 Se disponen residuos sólidos urbanos y de manejo especial		x		
5.2 Categorías de los sitios de disposición final				
TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DIA	x		Categoría "C"
A	Mayor a 100			
B	50 hasta 100			
C	10 y menor a 50			
D	Menor a 10			
6. Especificaciones para la selección del sitio				
6.1 Restricciones para la ubicación del sitio				
6.1.1 Distancia menor de 13 km del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto. Hay estudio de riesgo aviario.		x		No aeropuertos cercanos
6.1.2 Es área natural protegida. Es excepción por estar en Plan de manejo.		x		
6.1.3 En localidades < 2500 hab., el límite del sitio de disposición final está a distancia mínima de 500 m del límite de la traza urbana (plan de desarrollo urbano).		x		1.5 km de la Cabecera municipal
6.1.4 Hay zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; Está sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.		x		
6.1.5 El sitio se localiza fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. Estudio que demuestre que no obstruirá el flujo en el área de inundación, deslaves o erosión.		x		
6.1.6 La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, es de 500 m mínimo.		x		A 1000m del Cuerpo de agua Mas cercano
6.1.7 Los pozos de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero (en operación o abandonados) están a 100 m adicionales de la proyección horizontal del cono de abatimiento (de mayor circunferencia). Si no se puede determinar cono de abatimiento, la distancia es mayor de 500 m.		x		



6.2 Estudios y análisis previos requeridos para la selección del sitio	x																																						
6.2.1 Estudio geológico. Descripción estratigráfica, geometría y distribución, identificación de discontinuidades (fallas y fracturas), información adicional existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio (cortes litológicos de pozos perforados), informes realizados por alguna institución particular u oficial.			No obliga																																				
6.2.2 Estudios hidrogeológicos			No obliga																																				
a) Evidencias y uso del agua subterránea																																							
b) Identificación del tipo de acuífero																																							
c) Análisis del sistema de flujo (Determinar la dirección del flujo subterráneo regional).																																							
6.3 Estudios y análisis, en el sitio, previos a la construcción y operación de un sitio de disposición final.																																							
a) Estudio Topográfico	x																																						
b) Estudio geotécnico	x																																						
b.1 Exploración y Muestreo:																																							
b.2 Estudios en laboratorio:																																							
c) Evaluación geológica			No obliga																																				
c.1 Litología de los materiales, y geometría, distribución y presencia de fracturas y fallas geológicas en el sitio.			No obliga																																				
c.2 Características estratigráficas del sitio.			No obliga																																				
d) Evaluación hidrogeológica																																							
d.1 Parámetros hidráulicos, dirección del flujo subterráneo, características físicas, químicas y biológicas del agua.			No obliga																																				
d.2 Unidades hidrogeológicas que componen el subsuelo, y características que las identifican (espesor y permeabilidad).	x																																						
6.4 Estudios de generación y composición	x																																						
a) Generación y composición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial (Mínimo para el tiempo de vida útil del sitio)	x																																						
b) Generación de biogás (cantidad estimada mediante análisis químicos estequiométricos).	x																																						
c) Generación del lixiviado (Cuantificación mediante balance hídrico)																																							
6.5 Cumplimiento de estudios y análisis previos																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESTUDIOS Y ANÁLISIS</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Geológico y Geohidrológico Regionales</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Evaluación Geológica y Geohidrológica</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Hidroológico</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Topográfico</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Geotécnico</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Generación de biogás</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Generación de lixiviado</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ESTUDIOS Y ANÁLISIS	A	B	C	Geológico y Geohidrológico Regionales	X			Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X		Hidroológico	X	X		Topográfico	X	X	X	Geotécnico	X	X	X	Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X	Generación de biogás	X	X		Generación de lixiviado	X	X		x		
ESTUDIOS Y ANÁLISIS	A	B	C																																				
Geológico y Geohidrológico Regionales	X																																						
Evaluación Geológica y Geohidrológica	X	X																																					
Hidroológico	X	X																																					
Topográfico	X	X	X																																				
Geotécnico	X	X	X																																				
Generación y composición de los RSU y de Manejo Especial	X	X	X																																				
Generación de biogás	X	X																																					
Generación de lixiviado	X	X																																					
7. Características constructivas y operativas del sitio de disposición final																																							
7.1 Cuenta con una barrera geológica natural o equivalente, (espesor = 1m, hef. Cond. Hidr. = 1×10^{-7} cm/s) sobre zona destinada a las celdas; o sistema de impermeabilización equivalente.	x		Malla ciclónica																																				
7.2 Se garantiza la extracción, captación, conducción y control del biogás generado en el sitio una vez generados		x																																					
Si no se dispone de sistemas para aprovechamiento de biogás se quema (pozos o red de quemadores centrales)		x																																					



7.3 Construcción de un sistema que garantice la captación y extracción del lixiviado generado. El lixiviado es recirculado en las celdas de residuos confinados, es tratado, o ambos.			x		No recirculación de																																												
7.4 Drenaje pluvial para el desvío de escurrimientos pluviales y el desalojo del agua de lluvia (minimización de infiltrado a celdas).			x																																														
7.5 Cuenta con un área de emergencia para la recepción de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en una eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden (el área proporciona la misma seguridad ambiental y sanitaria que las celdas de operación ordinarias).			x																																														
7.6 Niveles mínimos de compactación:																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>SITIO</th> <th>COMPACTACION DE LOS RESIDUOS KG/M³</th> <th>RECEPCION DE RESIDUOS SÓLIDOS TON/DIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A</td> <td>A1</td> <td>Mayor de 700</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>Mayor de 600</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Mayor de 500</td> <td>50-100</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">C</td> <td>Mayor de 400</td> <td>Oct-50</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			SITIO	COMPACTACION DE LOS RESIDUOS KG/M ³	RECEPCION DE RESIDUOS SÓLIDOS TON/DIA	A	A1	Mayor de 700	A2	Mayor de 600	B	Mayor de 500	50-100	C	Mayor de 400	Oct-50			x		Compactación																												
SITIO	COMPACTACION DE LOS RESIDUOS KG/M ³	RECEPCION DE RESIDUOS SÓLIDOS TON/DIA																																															
A	A1	Mayor de 700																																															
	A2	Mayor de 600																																															
B	Mayor de 500	50-100																																															
C	Mayor de 400	Oct-50																																															
7.7 Control de la dispersión de materiales ligeros, fauna nociva e infiltración pluvial. Residuos cubiertos en forma continua y dentro de un lapso menor a 24 hrs. Posteriores a su depósito.				x	Existencia de																																												
7.8 Medidas para no admitir los siguientes residuos:																																																	
a) Aguas residuales y líquidos industriales de proceso, lodos hidratados de cualquier origen, con más de 85% de humedad con respecto al peso total de la muestra.			x																																														
b) Residuos conteniendo aceites minerales.			x																																														
c) Residuos peligrosos clasificados de acuerdo a la normatividad vigente.			x																																														
7.8.1 Sistema y área de tratamiento previo o acondicionamiento para lodos en el frente de trabajo, conforme a la normatividad vigente.			x																																														
7.9 Cuentan con las siguientes obras complementarias:																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>OBRAS COMPLEMENTARIAS</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Caminos de acceso</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Caminos interiores</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cerca perimetral</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Caseta de vigilancia y control de acceso</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Báscula</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua potable, electricidad y drenaje</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vestidores y servicios sanitarios</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Oficinas</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Servicio Médico y Seguridad Personal</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			OBRAS COMPLEMENTARIAS	A	B	C	Caminos de acceso	X	X	X	Caminos interiores	X	X		Cerca perimetral	X	X	X	Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X	Báscula	X	X		Agua potable, electricidad y drenaje	X	X		Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X	Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X	X	Oficinas	X			Servicio Médico y Seguridad Personal	X					No opera caseta de Vigilancia. No hay vestidores ni sanitarios
OBRAS COMPLEMENTARIAS	A	B	C																																														
Caminos de acceso	X	X	X																																														
Caminos interiores	X	X																																															
Cerca perimetral	X	X	X																																														
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X																																														
Báscula	X	X																																															
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X																																															
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X																																														
Franja de amortiguamiento (Mínimo 10 metros)	X	X	X																																														
Oficinas	X																																																
Servicio Médico y Seguridad Personal	X																																																
8. Requisitos mínimos que deben cumplir los Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, tipo D (menos de 10 toneladas diarias)					No aplica																																												
8.1 Sistema para garantizar coef. cond. hidr. = 1×10^{-5} cm/seg, espesor mínimo de 1 m, por condiciones naturales del terreno, o mediante la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.																																																	



8.2 Una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m ³ .			
8.3 Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.			
8.4 Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.			
8.5 Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.			
8.6 Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.			
9. Clausura del sitio			No aplica
9.1 Cobertura final de clausura			
9.2 Conformación final del sitio			
9.3 Mantenimiento			
9.4 Programa de monitoreo			
9.5 Uso final del sitio de disposición final:			
10. Procedimiento para la evaluación de la conformidad			
10.5 Aspectos técnicos específicos del proyecto a verificar			
10.5.1 Datos generales de la instalación. (6)			
Localización cartográfica.	x		
Superficie por aprovechar.	x		
Comprobación del cumplimiento de los requerimientos de ubicación.	x		
Capacidad volumétrica.	x		
Tipo de residuos a manejar.	x		
Entidad responsable del sitio.	x		Ayuntamiento
Entidad que opera el relleno sanitario.	x		Ayuntamiento
10.5.2 Estudio Geológico-Geohidrológico Regionales de la zona donde se ubica el sitio			No obliga
10.5.3 Estudios básicos realizados en el sitio (6.3)			
Evaluación Geológica y Geohidrológica.			No obliga
Topografía.	x		
Hidrología.			No obliga
Geotecnia.	x		
10.5.4 Proyecto Ejecutivo del Relleno Sanitario (6.4, 7, 8 y 9)			Por confirmar
Generación y composición de residuos			
Generación de biogás			
Generación de lixiviados			
Propuesta de aprovechamiento del sitio.			
Calendarización del sitio.			
Diseños específicos.			
Manual de operación.			
10.5.5 Documentos complementarios.			Por confirmar
Autorizaciones			
Certificaciones.			
Acreditaciones.			
Estudio de Impacto Ambiental.			
10.5.6 Proyecto Ejecutivo de uso final del sitio			
11. Cumplimiento			
11.1 El sitio de disposición final se apega a la norma en vigor.		x	En la mayoría
11.2 Se encuentra en operación pues ha regularizado su situación, conforme al siguiente procedimiento:			

a) Al 10 de Octubre del 2004, la entidad responsable de la instalación elaboró y	x		
--	---	--	--

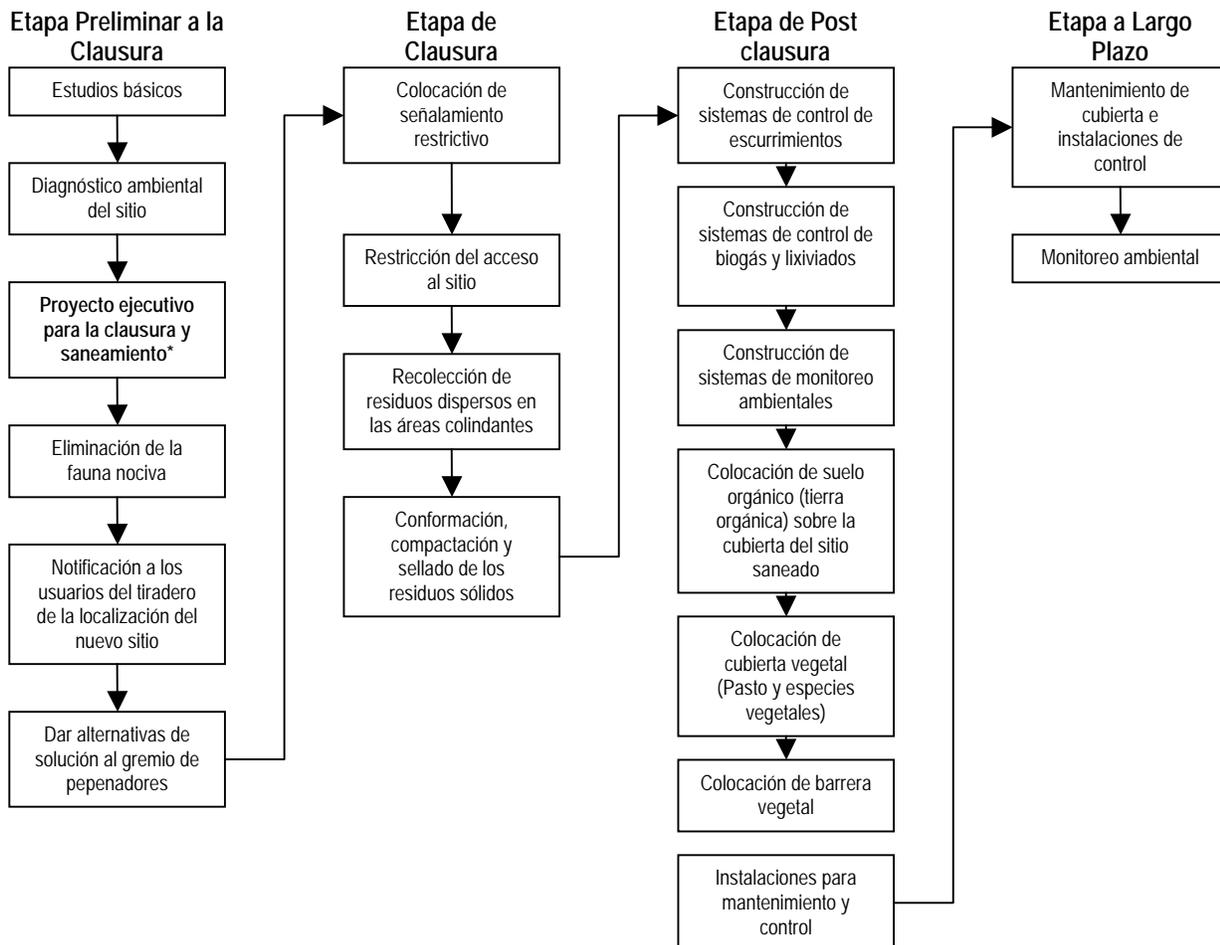


sometió a la aprobación de las autoridades competentes un plan de regularización de la misma, que incluya las acciones y medidas que se juzguen necesarias, con el fin de cumplir los requisitos de la presente Norma.												
b) Las autoridades competentes adoptaron una decisión definitiva, sobre la cancelación o autorización de continuar las operaciones. Las autoridades competentes, adoptaron las medidas necesarias para cerrar las instalaciones que no hayan obtenido, de conformidad con esta Norma.		x										
c) Sobre la base del plan de regularización aprobado, la autoridad competente fijó un periodo transitorio para el implemento de dicho plan de regularización.		x										
11.3 Todos aquellos sitios que deban ser clausurados, se apegarán al siguiente procedimiento:												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO DE INSTALACIÓN</th> <th>PROGRAMA DE REGULARIZACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Sitio no controlado</td> <td>Aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses.</td> </tr> <tr> <td>Clausura en un término que no exceda de 18 meses</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sitio controlado</td> <td>Limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses.</td> </tr> <tr> <td>Clausura en un plazo máximo de 24 meses</td> </tr> </tbody> </table>		TIPO DE INSTALACIÓN	PROGRAMA DE REGULARIZACIÓN	Sitio no controlado	Aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses.	Clausura en un término que no exceda de 18 meses	Sitio controlado	Limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses.	Clausura en un plazo máximo de 24 meses			
TIPO DE INSTALACIÓN	PROGRAMA DE REGULARIZACIÓN											
Sitio no controlado	Aplicación rutinaria de material de cobertura final antes de un periodo de 6 meses.											
	Clausura en un término que no exceda de 18 meses											
Sitio controlado	Limitación del crecimiento horizontal en un periodo de 6 meses.											
	Clausura en un plazo máximo de 24 meses											



ANEXO VIII METODOLOGÍA DE CLAUSURA DE UN TIRADERO A CIELO ABIERTO

"El Plan de Clausura debe ser consistente con el uso del suelo de la zona en que se encuentre el sitio, de tal manera que el área recuperada se integre adecuadamente a su entorno. En este caso, se debe tomar en cuenta que las áreas recuperadas podrán ser utilizadas para fines recreativos y para áreas verdes", como se recomienda en el "Manual para la Rehabilitación y Clausura de Tiraderos a Cielo Abierto" expedido por la SEDESOL. A continuación se esquematiza la metodología para clausurar un tiradero a cielo abierto, adaptado del manual de la SEDESOL, el cual se desarrolla en cuatro etapas (Vásquez-Et-al, 2001).



*El Proyecto ejecutivo para la clausura y saneamiento del tiradero a cielo abierto debe contener las siguientes consideraciones:

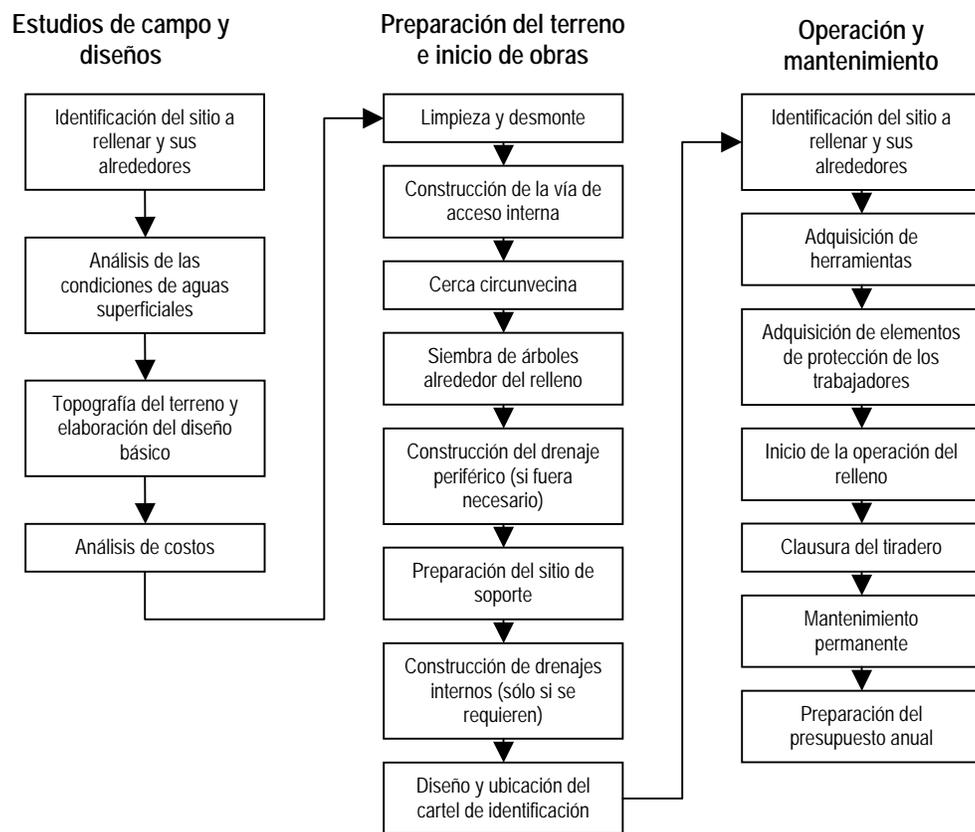
- **Para su diseño y construcción:** selección del método, diseño de la superficie final, selección de la cobertura final, selección del tipo de suelo para la cobertura final, manejo y mejoramiento del material de cobertura, estabilización de taludes, identificación de fallas, mejoramiento de la estabilidad de los taludes de acuerdo a métodos, extensión de taludes, construcción de veredas, empleo de muros de retención.
- **Para efectuar medidas preventivas:** prevención de fallas por deslizamiento, prevención de fallas por movimiento del cuerpo del talud, prevención de fallas por licuación, prevención de fallas por erosión.
- **Para la construcción de taludes:** selección del equipo mecánico, operaciones básicas para la clausura, adecuación del terreno, movimiento y conformación de los residuos sólidos, compactación de los residuos sólidos y transporte, colocación y compactación del material de cubierta final.
- **Para asegurar la seguridad del sitio clausurado:** sistema de control de biogás, sistema de control de aguas pluviales, sistema de control de lixiviados y sistema de monitoreo ambiental.



ANEXO IX

DISEÑO DE RELLENO SANITARIO MANUAL

El relleno sanitario manual, "sólo requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías alternas, y excavación de zanjas o material de cobertura, de acuerdo con el avance y el método de relleno. En cuanto a los demás trabajos, todo puede realizarse manualmente, lo cual permite, inclusive a poblaciones de bajos recursos (o inhabilitadas de adquirir y mantener equipos pesados permanentes) de disponer adecuadamente su basura y utilizar mano de obra", como se explica en el Manual Para el Manejo de Basura en Localidades de 100 Habitantes, Albergues Y Campamentos" expedido por la SEDESOL. A continuación se esquematiza los elementos que deben contemplarse para diseñar un relleno sanitario manual, adaptado del manual de la SEDESOL, el cual se desarrolla en cuatro etapas (Vásquez, Et al, 2001).



"El diseño materializa la concepción de la obra en general, y tiene como objetivo orientar su desarrollo y planificar su construcción. Además, permite presentarlo ante las autoridades locales y la comunidad para promoción y análisis de financiamiento para su construcción. El diseño básico debe incluir en lo posible la delimitación del área total del sitio y del terreno a ser relleno sucesivamente, indicando el método constructivo, el origen de la tierra de cobertura y la disposición de las obras de infraestructura" (SEDESOL, 2004).