

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS) VIGENTE EN LA DELEGACIÓN
AZCAPOTZALCO PARA SU VALORIZACIÓN Y MINIMIZACIÓN**

TESIS

Que para obtener el Título de

INGENIERA QUÍMICA

Presenta

MA. EUGENIA SÁNCHEZ CONEJO



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE	RODOLFO TORRES BARRERA
VOCAL	IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA
SECRETARIO	ALFONSO DURÁN MORENO
1ER. SUPLENTE	ANDRÉS GUILLERMO MARTÍNEZ CASAS
2° SUPLENTE	RICARDO ALFARO FUENTES

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO – CIUDAD DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA

M. EN C. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

SUPERVISOR TÉCNICO

Q. ANDRÉS GUILLERMO MARTÍNEZ CASAS

SUSTENTANTE

MA. EUGENIA SÁNCHEZ CONEJO

*Aunque lo que hagamos parezca insignificante,
nuestros esfuerzos se vuelven colectivos
como pequeños copos de nieve
que transforman el triste
y seco paisaje de la
belleza.*

Paul S. Mc Elroy

*Es más fácil organizar una conferencia sobre
la contaminación del medio ambiente,
que agacharnos a recoger
una cáscara de
plátano.*

*Alma Rosa agradezco
tu apoyo incondicional de siempre
que me permitió concretar y llevar a buen termino
este trabajo, el cual te dedico
y sobre todo,
gracias
por ser mi hermana*

y a mi Madre por darme la vida

*A mi compañero y pareja
Enrique Solís del Manzano Trovamala*

*A mi cuñado
José Luis Ramírez Ortiz*

*A mis hermanos:
Saturnino, Magdalena, Estel , Enrique,
Blanca, Julio Cesar, Teresa y Roxana*

Agradezco a la Administración 2003-2006 de la Delegación Azcapotzalco del Gobierno del Distrito Federal, por su contribución altruista para la implementación del Programa de Separación y Recolección Selectiva en su jurisdicción y su colaboración para el logro del presente trabajo el cual será de gran utilidad

Lic. Laura Velázquez Alzúa
Jefa Delegacional en Azcapotzalco

Lic. Genaro Vallejo Rodríguez
Subdirector de Limpia, Rutas y
Manejo de Desechos
Orgánicos e Inorgánicos

Lic. Claudia Delgadillo Caldos
Jefa de Residuos Sólidos

Ing. Rigoberto Araiza Huaracha
J.U.D. de Normatividad Ambiental

CONTENIDO

CONTENIDO	i
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
PRESENTACIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVO	6
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. ANTECEDENTES.....	8
4.1. Definición de residuo	8
4.2. Origen de los residuos.....	9
4.3. Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en el DF.	11
4.3.1. Generación	14
4.3.2. Barrido	15
4.3.3. Sistemas de recolección.....	15
4.3.4. Estaciones de Transferencia	16
4.3.5. Plantas de Selección y Tratamiento	19
4.3.6. Disposición final.....	21
4.3.7. Balance de materiales de los RSU	22
5. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN EL DISTRITO FEDERAL	24
6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	27
6.1. Relación de los residuos con los niveles de la actividad económica.....	27
6.2. Termodinámica de los residuos sólidos.....	28
6.3. Naturaleza química de los residuos sólidos	28
7. POSIBLES SOLUCIONES O ALTERNATIVAS PARA LA VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	31

7.1. Capacitación	32
7.2. Implementación del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) por ruta	34
7.2.1. Objetivos del Programa:	34
7.2.2. Descripción breve del Programa en la Delegación Azcapotzalco	35
7.3. Preparación de los residuos para su valorización.	43
7.3.1. Preparación de residuos orgánicos limpios.	44
7.3.2. Preparación de residuos reciclables	45
7.3.3. Preparación de los residuos de alto poder calorífico	45
7.4. Propuesta de un Sistema Integral de Valorización (PSIV) para el manejo de los RSU	47
7.5. Costo por la implementación del Programa.....	55
8. RESULTADOS	59
9. CONCLUSIONES	71
10 RECOMENDACIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
APÉNDICE A1. Encuesta I	80
APÉNDICE A2. Encuesta II	81
APÉNDICE A3. Formato de difusión diaria por ruta	82
APÉNDICE A4. Formato supervisión diaria por ruta	83
APÉNDICE B. Monitoreo en áreas de trabajo de los edificios públicos (Delegación Álvaro Obregón).....	84
APÉNDICE C. Estimación del poder calorífico de residuos inorgánicos en el mes de noviembre de 2005	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Biodegradabilidad de diferentes materiales.....	3
Tabla 1.2. Tipos de residuos	4
Tabla 4.1. Ubicación de estaciones de transferencia en el DF	18
Tabla 4.2. Características generales de las Plantas de selección del DF	20
Tabla 4.3. Listado de subproductos recuperados en las Plantas de selección del DF	20
Tabla 4.4. Balance de materiales de los RSU (DGSU, 2002)	23
Tabla 6.1. Identificación de materiales plásticos	29
Tabla 6.2. Caracterización de los residuos sólidos urbanos	30
Tabla 7.1. Personal capacitado en la Delegación Azcapotzalco (2004-2008)	33
Tabla 7.2. Esquema de expansión del programa en la Delegación Azcapotzalco Año 1, Año2 y Año 3 (*)	35
Tabla 7.3. Esquema de expansión del programa en la Delegación Azcapotzalco Año 4 y Año 5 (*)	35
Tabla 7.4. Antigüedad del parque vehicular en operación Delegación Azcapotzalco (*) ..	36
Tabla 7.5. Actividades a realizar por el promotorX domicilio.....	37
Tabla 7.6. Unidades de Comercio y Abasto en Azcapotzalco (31 diciembre 1996).....	41
Tabla 7.7. Planteles Educativos en la Delegación Azcapotzalco (1997).....	42
Tabla 7.8. Centros de atención a la salud en la Delegación Azcapotzalco (1997).....	43
Tabla 7.9. Operaciones unitarias.....	44
Tabla 7.10. Características Físicoquímicas de los residuos sólidos en el DF	46
Tabla 7.11. Composición de los RSU en el DF en 1995	51
Tabla 7.12. Poder calorífico típico de algunos RSU	51
Tabla 7.13. Principales aspectos de los procesos de conversión térmica	52

Tabla 7.14. Requerimientos de materiales e insumos para los promotores y los supervisores en un año.....	56
Tabla 7.15. Requerimientos de materiales e insumos para el personal de limpia	56
Tabla 7.16. Apoyo extra al mantenimiento de los vehículos recolectores y compra de dos vehículos, para el personal de limpia (2004-2005)	57
Tabla 7.17. Apoyo por Servicio Social en un año (2004) (*).....	57
Tabla 8.1. Número de colonias y unidades habitacionales incorporadas al Programa en 2004 ⁽¹⁾	59
Tabla 8.2. Número de colonias y unidades habitacionales incorporadas al Programa en 2005 (1).....	61
Tabla 8.3. Número de colonias y unidades habitacionales incorporadas al Programa en el 2006 (1).....	63
Tabla 8.4. Separación de orgánicos e inorgánicos, meses de noviembre del 2004 al 2007	64
Tabla 8.5. Avance anual en la instrumentación de colonias con separación y recolección selectiva por Delegación Política en el DF (2004-2006) (*).....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Inventario Nacional de Emisiones de CH ₄ . Sector residuos	10
Figura 4.2. Emisiones de CO ₂ equivalentes en el Distrito Federal	11
Figura 4.3. Ciclo de vida de los residuos sólidos en el DF	12
Figura 4.4. Diagrama de flujo de residuos sólidos en el Distrito Federal	17
Figura 6.1 Comportamiento de los residuos sólidos contra los niveles de la actividad económica	27
Figura 7.1. Transbordo de residuos sólidos a la Estación de Transferencia.....	49
Figura 7.2. Diagrama de la Propuesta de un Sistema Integral de Valorización (PSIV)....	55

PRESENTACIÓN

El aumento en la generación diaria de los residuos sólidos urbanos (RSU) requiere hoy en día que se manejen adecuadamente para su *minimización* y *valorización*, mediante la aplicación de programas de separación y se pueda tener una recuperación importante, haciéndolos susceptibles de tener otros usos o de ser utilizados como materia prima en procesos que permitan su transformación en nuevos productos con valor en el mercado. Por lo que considero relevante, presentar el caso de estudio de la gestión de residuos sólidos que ha venido realizando la Delegación Azcapotzalco en su demarcación, al lograr la separación de orgánicos en un 86%, así como aumentar los porcentajes de separación de reciclables y de los residuos “no aprovechados”¹.

El presente trabajo hace una descripción detallada del programa de separación y recolección selectiva implantado por la Delegación, con la consideración que la separación se realiza en dos categorías: orgánicos e inorgánicos, a fin de cumplir con la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal (LRSDF, 2003). El programa tiene una particularidad, la inclusión de una “estrategia de difusión” con lo que se logró la incorporación de los pobladores, por ser los generadores de residuos sólidos, permitiendo un avance importante en el proceso de separación. Para ello se recabó la información necesaria por segmento poblacional para obtener un diagnóstico real, lo cual ha sido de mucha utilidad y acertividad en el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS) en esta Delegación.

Por último, se describe la preparación de los residuos recuperados para su utilización en procesos de composteo y de termólisis (generadores de energía) principalmente, procesos que bien podrían ser integrados en Sistemas Integrales de Valorización (SIV) esto gracias a la implementación del PGIRS.

¹ Para el caso de este trabajo consideraremos residuos “no aprovechados”; aquellos que no tienen un valor comercial y por tanto no son de interés para su separación, es decir no caen dentro de la categoría de reciclables, y son: envases vacíos de aerosol o solvente, poliestireno expandido (unicel), colillas de cigarro, chicle, resistol, pilas y baterías eléctricas, insecticidas caseros, etc. Donde los dos últimos son considerados residuos peligrosos por sus características de toxicidad, reactividad, explosividad e inflamabilidad, esto debería ser suficiente para evitar que se mezclaran.

Donde los orgánicos son valorizados en procesos de composteo desde septiembre del 2005, y por otra parte la posibilidad de aprovechamiento en procesos térmicos para la generación de energía eléctrica, de los inorgánicos que poseen un poder calorífico alto, considerados residuos “no aprovechados” permitirá a la Delegación la integración de un SIV completo.

1. INTRODUCCIÓN

Hace 100 años la población mantenía todavía un crecimiento bajo y un desarrollo industrial mínimo, por tanto, la cantidad de residuos que se producían era pequeña y en su mayoría con características compatibles con la naturaleza, lo que permitía su integración al ambiente a través de los ciclos naturales, sin embargo el desarrollo industrial, tecnológico y económico de los países favoreció un crecimiento importante de la población y su concentración en las ciudades, donde los patrones de consumo cambiaron, por lo que la generación de los residuos fueron modificándose, de tal forma que ya no podían integrarse en su totalidad a los ciclos naturales (Martínez J. y Roca J., 2001). Con el tiempo los residuos se han vuelto un problema social, ambiental, económico y de salud pública, que requiere su atención inmediata.

En ese sentido, se tendrían que considerar las *características químicas* de los residuos sólidos, así como la *cantidad* en que se producen para establecer posibles caminos de solución de cómo darles un manejo adecuado, ya que los residuos que son de rápida integración a los ciclos naturales son interferidos por aquellos que no pueden hacerlo a la misma velocidad, debido a sus distintas características químicas, que hacen que su asimilación se lleve a cabo en un tiempo mucho más largo, provocando un desequilibrio ya que no ocurre una integración conjunta natural de estos residuos, ocasionando una acumulación progresiva al ambiente de los mismos. La Tabla 1.1 muestra los tiempos de biodegradación de algunos materiales.

Tabla 1.1. Biodegradabilidad de diferentes materiales

Material	Tiempo de biodegradabilidad (años)
Cáscara de plátano/naranja	2-5 semanas
Cuero	1
Periódico	Hasta 50
Lata de aluminio	80-100
Botella de plástico	100-200
Botella de vidrio	1,000,000

Fuente. US-EPA (2003)

Partiendo de la composición química de los residuos, es posible establecer un Programa de Manejo que permita una separación efectiva, donde se consideren sus características químicas, para la *minimización y valorización* de este tipo de residuos. Y posteriormente proponer los métodos y procedimientos para su integración a los procesos productivos.

Esto en función de que los residuos son de distintos tipos derivados de su grado de especialización, y en consecuencia ha dado como resultado residuos con características químicas distintas que requieren ser clasificados. Por ejemplo para el caso de los residuos sólidos urbanos (RSU) comúnmente se agrupan en: orgánicos (biodegradables) e inorgánicos (no biodegradables), sin embargo no es suficiente como ya se dijo es tal su especialización que se requiere considerar sus características químicas para una separación óptima como lo muestra la Tabla 1.2

Tabla 1.2. Tipos de residuos

No.	Orgánicos	No.	Inorgánicos
1	Residuos de verduras y frutas	6	Latas de aluminio y de fierro
2	Residuos de café	7	Papel y cartón
3	Residuos de jardinería	8	Envases de vidrio
4	Cascarón de huevo	9	Envases de plástico ¹
5	Huesos	10	Envases de tetrapak ²

¹ son polímeros donde se requiere conocer la naturaleza química de cada uno de ellos para una correcta separación, para su posterior recuperación en procesos de reciclamiento.

² están integrados dos componentes: cartón y aluminio, lo que implica su separación antes de llevarlos a procesos de reciclaje.

Fuente: Clasificación tomada del volante "Juntos pero no revueltos", elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente del GDF y la Dirección General de Servicios Urbanos, Delegación Azcapotzalco, 2007

Bajo este criterio, los residuos tienen que ser separados de tal forma que no interfieran en su comportamiento químico: separar los residuos que son de rápida integración a los ciclos naturales (residuos orgánicos biodegradables) de los que no lo son, es un buen principio para establecer programas de separación para su manejo adecuado. Esto sin duda permite la estructuración de *Programas de Separación de Residuos* que aseguren la recuperación paulatina y eficiente del entorno.

La Delegación Azcapotzalco cuando implementa el programa de separación y recolección selectiva, lo hace separando en dos categorías: orgánicos e inorgánicos a fin de cumplir con la Ley de Residuos Sólidos del DF (LRSDF, 2003), sin embargo se tuvieron que considerar aspectos como la naturaleza química de los residuos con el objetivo de valorizar los residuos orgánicos en “procesos de composteo” y de los residuos inorgánicos en particular los “no aprovechados” (unicel, empaques plastificados, globos, etc) ya que poseen un poder calorífico alto en un porcentaje importante, por lo que son de especial interés para su aprovechamiento en procesos térmicos para la generación de energía (de los cuales tratará más adelante).

Tal es el caso de Alemania, que tuvo que incorporar en la gestión de los residuos, tecnologías sustentables de producción, después de haber comprobado que las condiciones en el manejo y la seguridad de los rellenos sanitarios para que funcionarán en una forma más limpia para la “disposición”, no ofrecían ya posibilidad alguna a largo plazo (Borner J. y Klöpping T., 2003). Esto es entendible ya que es necesario el mejor aprovechamiento de los materiales recuperados con el resultado de procesos más eficientes.

2. OBJETIVO

Demostrar que los Programas de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS), permiten la *valorización y minimización* de los *residuos sólidos urbanos* (RSU), condiciones que se requieren para tener residuos separados y limpios; enfatizando la incorporación de la difusión y supervisión como base en programas de esta naturaleza, presentado como caso de estudio la gestión que ha venido realizando la Dirección de Servicios Urbanos de la Delegación Azcapotzalco.

Y demostrar que la implementación del PGIRS es una vía para la estructuración de Sistemas Integrales de Valorización (SIV), que van desde su acondicionamiento hasta su valorización en procesos de composteo, reciclaje y térmicos (generadores de energía), tan necesarios para resolver el problema de los residuos sólidos en el Distrito Federal (DF).

3. JUSTIFICACIÓN

El Distrito Federal se reviste de una enorme complejidad junto con el Estado de México, con un modelo de desarrollo centralizado que concentra el 25% de la población del país y el 45% de la actividad industrial nacional, conocida como la zona metropolitana del Valle de México², razón por la que está en constante crecimiento, lo que dificulta brindar un servicio de recolección eficiente de los RSU, aunado a una falta de cultura para la separación de los mismos, por lo que en las últimas décadas se han constituido en un problema ambiental, donde el aire, el suelo y el agua presentan niveles de contaminación importantes.

² El concepto de Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se refiere al ámbito inmediato de influencia socioeconómica y físico-espacial de la Zona Urbana del Valle de México que constituye un espacio de carácter estratégico para el ordenamiento urbano de la región siendo por lo tanto considerada la segunda metrópoli más poblada del mundo y la más grande de Latinoamérica (SEDESOL, 1998).

En particular, las emisiones de metano (CH₄) y de bióxido de carbono (CO₂) producidas por la descomposición de los residuos orgánicos en el relleno sanitario del Bordo Poniente son de tal magnitud, cuyos efectos negativos están contribuyendo al cambio climático, produciendo un aumento en la temperatura, modificación de la intensidad y la temporalidad de las lluvias, así como incremento en la frecuencia de los fenómenos meteorológicos, que están poniendo en peligro los ecosistemas del Valle de México (SMA, 2008-2012).

Los RSU como tal se han convertido en un problema, por lo que se requiere una estrategia para la gestión integral, que controle, administre y conduzca, de manera adecuada, todas y cada una de las operaciones que intervienen en el manejo de los residuos como son: la generación, el almacenamiento, la recolección, la transferencia, el transporte, el procesamiento y la disposición final de los mismos.

Por lo cual se consideró necesario presentar como Trabajo de Tesis el Programa para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del DF, de la Delegación Azcapotzalco, donde se estableciera un esquema de separación y recolección selectiva dirigido a los ciudadanos. Logrando la separación de residuos limpios en dos categorías: orgánicos e inorgánicos, con la calidad requerida para su valorización y con una eficiencia de separación del 86%, teniéndose además una disminución importante de los residuos mezclados.

Los resultados de este trabajo son de gran utilidad para la valorización de aquellos residuos considerados “no aprovechados”³, con lo cual se disminuirá una carga importante al sitio de disposición final, lo que prolongaría su vida útil específicamente al relleno sanitario del Bordo Poniente el cual deberá ser cerrado al finalizar el 2008, un año después de lo programado.

³ Para el caso de este trabajo consideraremos residuos “no aprovechados” como aquellos que no tienen un valor comercial y por lo tanto no son de interés para su separación, es decir no caen dentro de la categoría de reciclables, y son: envases vacíos de aerosol o solvente, poliestireno expandido (unicel) , colillas de cigarro, chicle, resistol, pilas y baterías eléctricas, insecticidas caseros, etc. Donde los dos últimos son considerados residuos peligrosos por sus características de toxicidad, reactividad, explosividad e inflamabilidad, esto debería ser suficiente para evitar que se mezclaran.

4. ANTECEDENTES

4.1. Definición de residuo

El término residuo deriva del latín *residuus* y se refiere a la parte o porción que queda de un todo⁴, esto es que el residuo de una materia determinada, que fue empleada con algún fin u objeto y que ya no es posible utilizarse en la misma operación, pero que es posible reutilizarlos o transformarlos en otras operaciones o procesos. También al residuo se le llama *desecho*.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988) en su Art. 3º fracción XXXI y la Ley Ambiental del Distrito Federal (LADF, 2000), en su Art. 5º, definen el término *residuo* de la misma manera:

Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control y tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003), en su Art. 5º define el término “*residuo*”, de la siguiente manera:

Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

⁴ Definición del Diccionario de Lengua Española (DLE, 1992)

4.2. Origen de los residuos

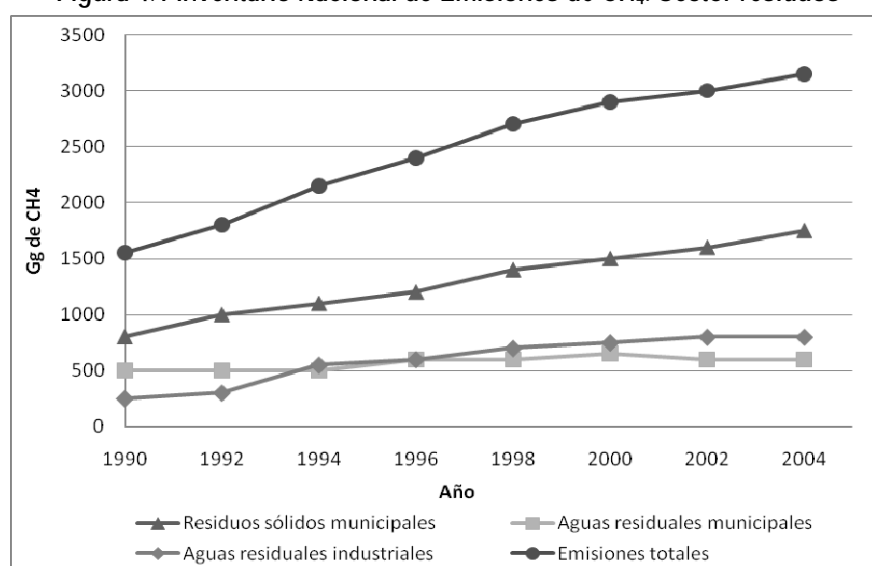
Los residuos como tal no son un problema, la problemática surge cuando se disponen juntos sin distinción y se mezclan convirtiéndose en “*basura*”, la cual se caracteriza por generar procesos de putrefacción, con generación de gases y lixiviados, que despiden malos olores con la subsecuente proliferación de fauna nociva, resultado de un “manejo inadecuado”. La “*basura*” por su acumulación genera un medio apropiado para el desarrollo de microorganismos que afectan a la salud humana y que dañan al ambiente, provocando una pérdida en la calidad y productividad de los suelos y agua. Como lo señala atinadamente Blanco R. (1997) bajo la premisa “*que el residuo se puede recuperar y la basura no*”. Un ejemplo de ello, son los comunes “tiraderos a cielo abierto”, la quema a cielo abierto o el enterramiento de los residuos, generando con ello un gran deterioro al ambiente.

Sin dejar de mencionar como parte de la problemática de los RSU, el establecimiento posterior de sitios que deberían cumplir con cierta regulación para una mejor disposición de los residuos conocidos como “rellenos sanitarios”⁵ de los cuales pocos cumplen con la normatividad de la legislación correspondiente⁶ en el país, donde Lee G. and Jones-Lee A. (2003), señalan algunos problemas como: *la carencia de sitios adecuados para su instalación, crecientes costos de operación y mantenimiento de los rellenos, emisiones de gases que incrementan el efecto invernadero, producción de lixiviados e incumplimiento de la normatividad ambiental vigente en varios países; además que a futuro conforman un pasivo ambiental*⁷ ver la Figura 4.1

⁵ Los “rellenos sanitarios” son sitios preparados para la disposición de los “residuos no aprovechados” o basura, los cuales deben cumplir con la normatividad vigente y con medidas de seguridad para el control de la producción de lixiviados, y las emisiones de gases metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) que se producen “in situ” por la descomposición anaerobia, responsables del cambio climático, por lo que se conocen como Gases Efecto Invernadero (GEI).

⁶ Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.

⁷ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos México, 2003 (Art. 73) refiere el término “pasivo ambiental” como la actividad humana incompatible con el medio ambiente o cuando un sector disminuye la capacidad de otro para aprovechar los recursos naturales.

Figura 4.1 Inventario Nacional de Emisiones de CH₄. Sector residuos

Nota: Gg = Gigagramos

En México, como se muestra en la Figura 4.1, en el año 2002, las emisiones de CH₄ aumentaron el doble comparados con 1990 (65,579.742 Gg equivalentes de CO₂ en el 2002), esto como resultado del incremento en el país de la disposición de los residuos en rellenos sanitarios (INE-SEMARNAT 1990-2002).

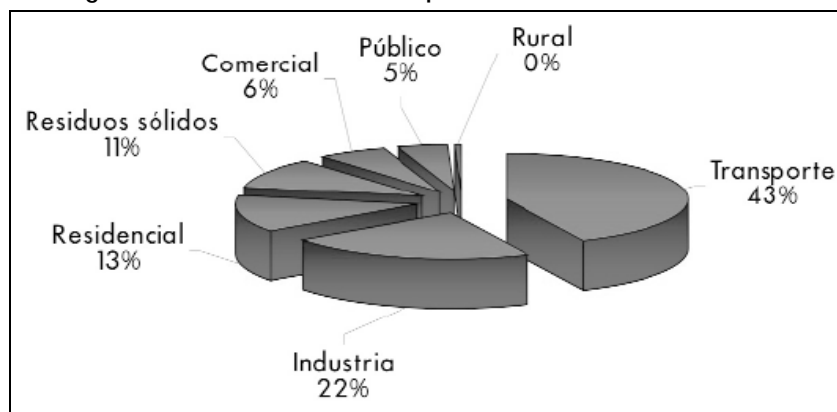
Los residuos tienen una fuerte componente económica, difícil de cuantificar cuando se trata de conocer el daño que se causa al medio ambiente y que ocurre cuando el equilibrio es violentado en su condición óptima de asignación de recursos, que pueden identificarse como productos de decisiones de utilidad o producción, que incluyen variables reales, cuyos valores son elegidos por otros por encima del bienestar de los demás, y son quienes deciden y no compensan o retribuyen en la misma proporción por el daño ocasionado (Saldivar A. *et al.*, 1998) y que los economistas la conocen como *externalidad negativa* y que la definen como *las acciones de una persona o empresa que afectan a otra entidad como otras personas u otras empresas sin su autorización y sin compensación alguna* (Stiglitz J., 1986). Concepto importante para tratar de entender el comportamiento de los residuos en el entorno alterado por el manejo inadecuado que se ha venido haciendo de los mismos.

Donde los costos ambientales por el manejo inadecuado de los residuos al arrojarlos de forma indiscriminada en las calles, parques, barrancas o cuerpos de

agua, etc. no son asumidos por el o los agente(s) responsable(s), porque no hay una definición en los derechos de propiedad del bien público (medio ambiente⁸), de tal forma que disponemos de él como queramos, y porque no existe una cultura por el cuidado del ambiente para entender que si se tiene una corresponsabilidad por estas acciones que realizamos y que afectan al medio ambiente y que solo la sociedad reconoce ese valor a la *calidad ambiental* o los *recursos naturales* cuando son escasos (Stiglitz, J.,1986) ya que se ven afectados en su calidad de vida.

A consecuencia del manejo inadecuado de los RSU se generan los Gases Efecto Invernadero (GEI), como se observa en la Figura 4.2, el DF contribuye actualmente con más del 11% de este tipo de emisiones, ubicándose en el cuarto lugar entre las principales fuentes.

Figura 4.2. Emisiones de CO₂ equivalentes en el Distrito Federal



Fuente: Secretaría del Medio Ambiente, Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal, 2006

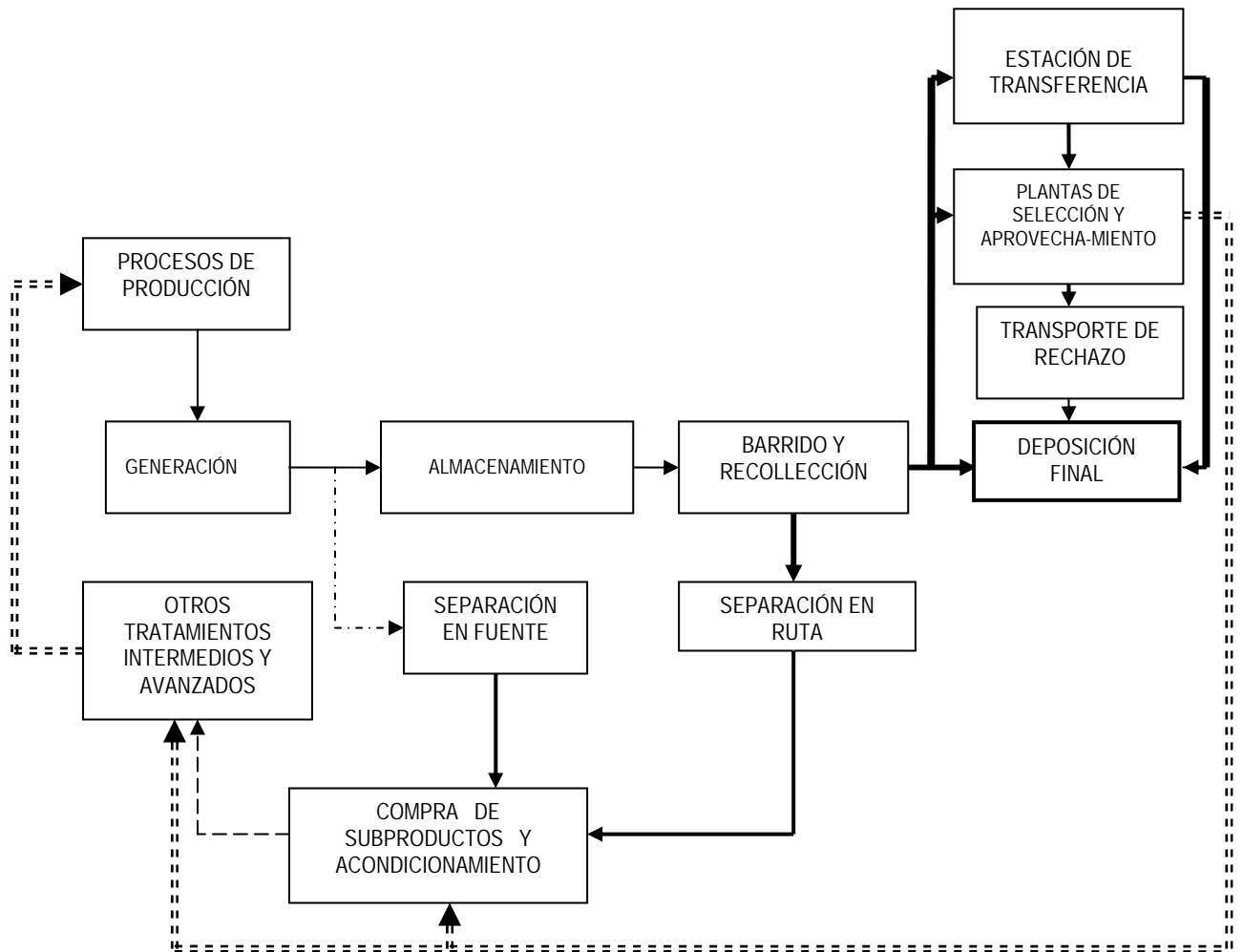
4.3. Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) en el DF.

Los RSU cumplen con un ciclo que se compone de varias etapas estrechamente vinculadas entre sí, que inicia con la producción de insumos y bienes materiales que originan una cantidad considerable de residuos que junto con el barrido, sigue el flujo de manejo tradicional que comprende las etapas de almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final. Cada una de esta

⁸ Según Stiglitz, J.E., (1986) el *medio ambiente* es un bien público unimodal porque establece una relación continua entre su provisión y su satisfacción y donde menciona que los bienes públicos poseen características como: *no rivalidad* donde el consumo de uno, no disminuye el de otros y *no exclusión* donde a cierta escala no es posible excluir a nadie de su consumo.

etapas u operaciones permite comprender una parte del problema, es por ello, que en este punto explicaremos la relación que guardan entre si, como se muestra en la Figura 4.3.

Figura 4.3. Ciclo de vida de los residuos sólidos en el DF



Fuente: AMCRESPAC e INE-SEMARNAP. Ciclo de vida o diagrama de flujo de los residuos sólidos en áreas urbanas, 1996

Los RSU se clasifican por lo general de acuerdo al tipo de generador y/o sistema de recolección, por lo que se dividen en: domiciliarios; institucionales; áreas y vías públicas; comercial y de servicios y que son colectados por el servicio de limpia a cargo de las autoridades o empresas particulares que tienen la concesión del servicio, y contienen los residuos domésticos (casas, conjuntos habitacionales,

etc); los de servicios (transporte, restaurantes, escuelas, oficinas, hoteles, comercios, mercados, etc) y los generados en áreas públicas (calles, jardines, plazas, etc).

Los *residuos sólidos urbanos* (RSU) son *aquellos generados 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 esta Ley como residuos de otra índole (Art. 5º Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003).

La Ley de Residuos Sólidos del DF (LRSDF, 2003) Art.3º fracción XXXI los define solo como *residuos urbanos y son los generados en casa habitación, unidad habitacional o similares 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 provenientes de cualquier otra actividad que genere residuos sólidos con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías públicas y área comunes, siempre que no estén considerados por esta Ley como residuos de manejo-especial.*

También la Ley de Residuos Sólidos del DF (LRSDF, 2003) Art.3º fracciones XXXI y XXXIV, define a los *residuos sólidos, como los materiales, productos o subproductos que sin ser considerado como peligrosos, se descarten o desechen y que sean susceptibles de ser aprovechados o requieran sujetarlos a métodos de tratamiento o disposición final.*

El estudio de la cobertura y la calidad de los servicios de limpieza urbana nos permitirá conocer la situación que guardan los servicios prestados por el gobierno y, al mismo tiempo conocer si realmente están operando de forma adecuada o se requieren cambios para un mejor funcionamiento; ya que es vital el mantener un

servicio eficiente de limpieza, recolección y transporte de la basura, para evitar el hacinamiento de residuos en casa habitación y lugares públicos y privados.

Entonces pasaremos al estudio de los aspectos técnicos y operativos de la recolección de los RSU en el DF, iniciando con la generación que nos muestra la cantidad total de residuos que se producen y posteriormente compararemos los resultados de las condiciones que predominan en la actualidad, para conocer la situación en que nos encontramos.

4.3.1. Generación

La *generación* es la acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo (Art. 3º, fracción XIII, LRSDF, 2003)

El DF genera alrededor de 12,000 ton/día, que representa aproximadamente el 80% de la recolección de RSU, el equivalente a llenar un Estadio Azteca cada 3 meses de basura (DGSU, 2002), que son generados por 8,605,239 habitantes (factor crucial en la producción de residuos sólidos) de población fija más la población flotante que ingresa diariamente de la zona metropolitana del Valle de México⁹. El promedio de generación por ciudadano es de 1.394 kg/día aproximadamente¹⁰.

El 20% que no es recolectado, son los residuos que quedan dispersos y abandonados a cielo abierto que son dejados en barrancas, lotes baldíos, ríos, etc.¹¹, donde para su retiro se vuelve complicado en la mayoría de los casos por lo accidentado de su orografía, no contando con el personal ni el equipo especializado para hacerlo, poniendo en riesgo su vida y con la posibilidad de contraer alguna infección, ya que son residuos dejados por años; por lo que las delegaciones no siempre atiende estos sitios, por los altos costos que implica su

⁹ INEGI, 2001. Tabulados Básicos Nacionales y por Entidad Federativa. Base de datos tabulados de la Muestra Censal. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 Ags. México, 2001

¹⁰ Datos estimados Dirección General de Servicios Urbanos. Secretaría de Obras y Servicios. del GDF (DGSU, 2002)

¹¹ Datos estimados Dirección General de Servicios Urbanos. Secretaría de Obras y Servicios. del GDF 2002 y corresponden a los residuos sólidos que son arrojados en tramos accidentados de barrancas y ríos dificultando su retiro, en estos puntos en especial se da una acumulación importante y que son los responsables de los problemas de erosión y deforestación (DGSU,2002).

retiro, y cuando se realiza es por los riesgos a la salud de los pobladores, como el caso reciente en la Delegación Álvaro Obregón que llevó a cabo la acción de retirar 800 toneladas de basura (y que poco se pudo recuperar por su avanzado grado de descomposición), se realizó en el brazo de la vertiente de Tepeaca que corresponde a un tramo pequeño de la Barranca Mixcoac, (Boletín No. DAO/CCS/114/08, agosto, 2008).

4.3.2. Barrido

Se realiza en tres niveles de atención. El primer nivel se refiere en las calles secundarias¹² que son atendidas por barrenderos y realizan en algunos casos, recolección de residuos en casa habitación y comercio, que enseguida los transfieren al camión recolector.

El segundo nivel de atención representa el servicio manual que se realiza la recolección a mano, que se ofrece en áreas turísticas, comerciales o de esparcimiento. En estos dos primeros niveles la prestación del servicio se hace a través de las delegaciones políticas.

El tercer nivel se realiza en la red vial primaria¹³ cuyo servicio se apoya en la utilización del barrido mecánico y además cuenta con barrido manual, el que es auxiliado por vehículos de volteo para la transferencia de residuos. Esta actividad se lleva a cabo en horario nocturno y es coordinada por la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU, 2002)

4.3.3. Sistemas de recolección

La *recolección* es la acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento y disposición final (Art. 3º, fracción XXVI, LRSDF, 2003).

¹² Las calles secundarias son aquellas que se encuentran a los lados de un eje vial o de una avenida o calle primaria. Las calles secundarias son llamadas también vías secundarias.

¹³ Esta integrada por 16 vías rápidas, 25 ejes viales, 10 avenidas principales, 27 distribuidores viales y 33 sitios estratégicos entre los que se encuentran: Plaza de la Constitución, Centro Histórico, Paseo de la Reforma y paraderos de metro o camiones, entre otros. La red vial primaria era de 550 kilómetros en año anteriores, en la actualidad ha sufrido un considerable incremento, contando hoy en día con más de 1,500 kilómetros (DGSU, 2002)

La función de los sistemas de recolección es recorrer las fuentes generadoras de residuos sólidos para recogerlos y transportarlos a las unidades de transferencia, tratamiento o disposición final. La recolección se realiza utilizando vehículos de volteo y contenedores, algunos de los vehículos cuentan con sistemas de compactación que permiten recolectar un mayor volumen de residuos. Se cuentan con 2011 vehículos recolectores (de la Dirección General de Servicios Urbanos delegacionales del GDF) para las 16 delegaciones.

Un camión recorre por rutas (o viajes) una colonia determinada, el cual es operado por 1 cuadrilla de 1 chofer, 2 ayudantes generales (peones) y adicionalmente se cuenta con 2 o más voluntarios¹⁴, que reciben la basura del ciudadano, que separan al momento y solo lo hacen con los reciclables¹⁵, operación que se conoce como “*prepepena*” (2.9%) 350 ton/día (DGSU, 2002). La cuadrilla de recolección cuando termina su ruta o se llena el camión, normalmente en camino a la Estación de Transferencia, Unidades de Selección o Disposición Final, se desvían para vender los subproductos recuperados. La venta de los subproductos y los trabajos de *prepepena*, causa un impacto negativo en la eficiencia del sistema de recolección.

Son recolectados por las delegaciones 10,407 ton/día (incluidos los 1,050 ton/día por barrido), 400 ton/día por la DGSU y 713 ton/día por particulares. Adicional a lo anterior 450 ton/día provienen de la Central de Abastos y 30 ton/día del Aeropuerto de la Ciudad de México (DGSU, 2002) (ver Figura 4.4).

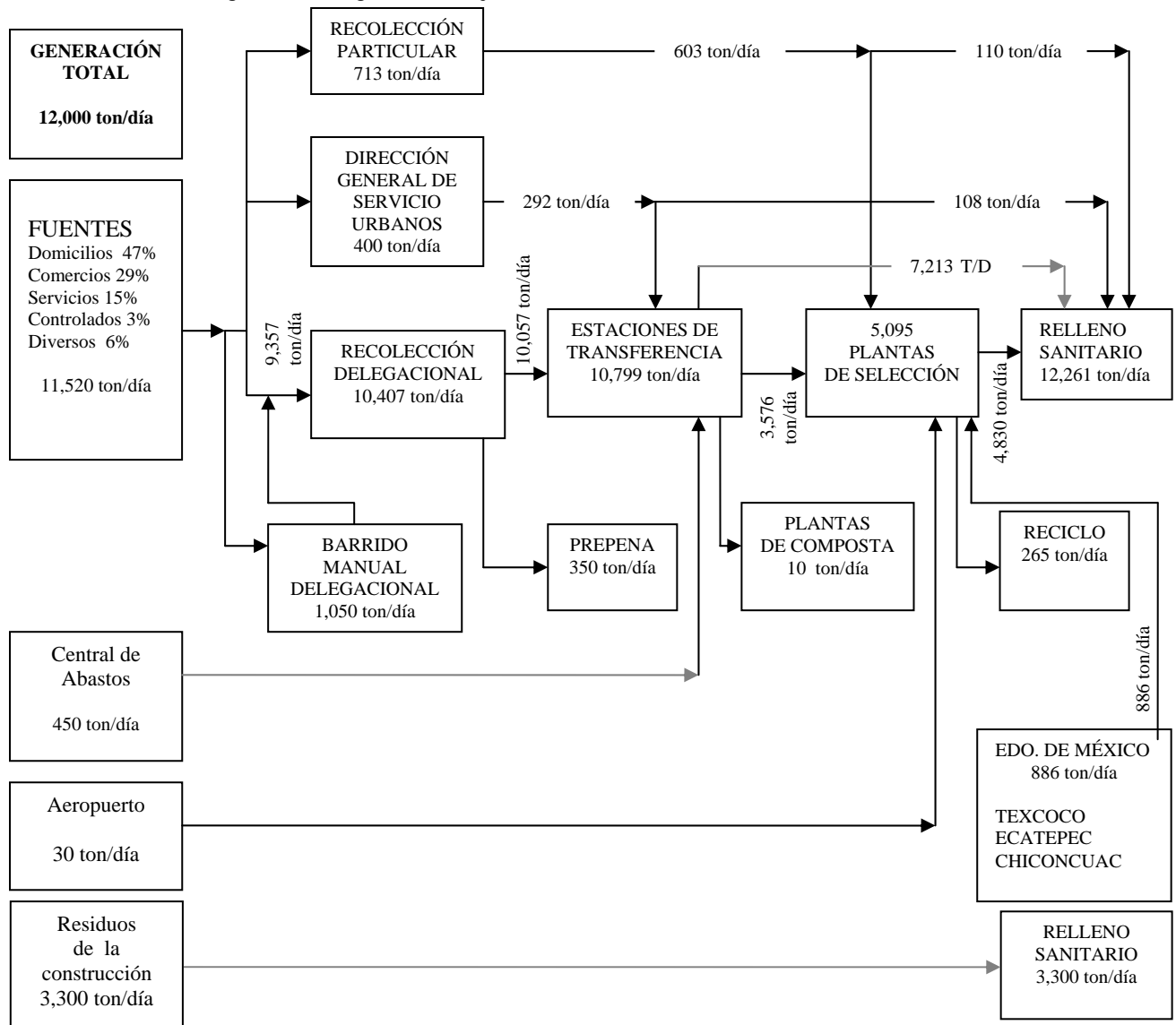
4.3.4. Estaciones de Transferencia

Las *estaciones de transferencia* son instalaciones para el transbordo de los residuos sólidos de los vehículos de recolección a los vehículos ó unidades de transferencia (Art. 3º, fracción XII, LRSDF, 2003).

¹⁴ Los voluntarios no perciben un salario, reciben un apoyo por la venta de los reciclables que lograron separar durante la ruta.

¹⁵ Fuente: Clasificación tomada del volante “Juntos pero no revueltos”, elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente del GDF (2003).

Figura 4.4. Diagrama de flujo de residuos sólidos en el Distrito Federal



Fuente: Modificado Dirección General de Servicios Urbanos, Secretaría Obras y Servicios. GDF, 2002.

En el DF, la transferencia de residuos sólidos se lleva a cabo en 13 Estaciones que se encuentran distribuidas estratégicamente (Ver Tabla 4.1) denominadas “Estaciones de Transferencia”, con el objeto de reducir el número de transportes y el tiempo de descarga de los residuos, esto debido a que las cajas de transferencia son abiertas, por lo que 4 camiones recolectores pueden descargar sus residuos al mismo tiempo y hacer hasta 3 viajes en el día por camión. Por lo que una vez llenos se trasladan a las “Estaciones de transferencia” para descargar lo que recolectaron en una ruta determinada, regresando a su ruta para volver mas tarde con otra carga hasta que terminan su jornada de trabajo del día.

También en las estaciones, se reciben 100 ton/día (3.1%) de residuos orgánicos de parques y jardines, siendo en estos momentos los únicos “composteados”; las 5,040 ton/día (37.9%) de residuos orgánicos domiciliarios son dispuestos en su totalidad en el Bordo Poniente por estar mezclados (DGSU, 2002).

La cobertura de atención asciende a 10,799 ton/día y si no hay capacidad suficiente, el resto se hace llegar directamente a los sitios de disposición final, que corresponde a las 110 ton/día del servicio de recolección particular y las 108 ton/día de la DGSU (DGSU, 2002) (ver detalles en la Figura 4.4) y debido a su ubicación dentro de la ciudad se incorporan medidas orientadas a mitigar el impacto ecológico y vial, y a evitar afectar al entorno urbano en general.

Tabla 4.1. Ubicación de estaciones de transferencia en el DF

No.	Delegación	No.	Delegación
1	Álvaro Obregón	9	Miguel Hidalgo
2	Azcapotzalco	10	Milpa Alta
3	Benito Juárez	11	Tlalpan
4	Central de Abastos	12	Venustiano Carranza
5	Coyoacán	13	Xochimilco
6	Cuauhtemoc		
7	Gustavo A. Madero		
8	Iztapalapa I e Iztapalapa II (2 estaciones)		

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, Secretaría de Obras y Servicios, GDF. 2002

Las demarcaciones que no cuentan con Estación de Transferencia pueden enviar sus residuos a la Estación de Transferencia más cercana en este sentido la Delegación Álvaro Obregón, recibe también los residuos de la Delegación Cuajimalpa de Morelos; los residuos de la Delegación Magdalena Contreras los recibe la Estación de Transferencia de Tlalpan, y la Estación de Transferencia Iztapalapa II recibe los residuos de la Delegación de Tláhuac.

Los vehículos utilizados para el transporte de los residuos a las “Unidades de Selección” son tracto camiones con una capacidad de 70 m³. Para el sistema de la Zona Metropolitana del Valle de México, son vehículos de caja abierta (vehículos de transferencia) en su totalidad; ventaja que permite descargar simultáneamente 4 vehículos de recolección en una especie de depósito en estas

“Estaciones de transferencia”, representando reducción en el tiempo de atención a recolectores.

4.3.5. Plantas de Selección y Tratamiento¹⁶

Las *Plantas de Selección y Tratamiento* son las instalaciones donde se lleva a cabo cualquier proceso de selección y tratamiento de los residuos para su valorización, en su caso, disposición final (Art. 3º, fracción XXII. LRSDF, 2003).

En 1994, se incorporó un sistema mecanizado de selección de residuos con valor económico con el propósito de reutilizar y disminuir los volúmenes a disponer en el relleno sanitario del Bordo Poniente, para lo cual se construyeron y se pusieron en operación dos Plantas de Selección y Aprovechamiento de Residuos Sólidos en ese año, con capacidad para procesar 4,000 ton/día en conjunto y por remodelación aumentó a una Planta de Selección mas de 2,500 ton/día, dando un total de 6,500 ton/día en 1996, Tabla 4.2.

¹⁶ Tratamiento: Es el procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos y se reduce su volumen y peligrosidad (LRSDF, 2003).

Tabla 4.2. Características generales de las Plantas de selección del DF

Característica	Bordo Poniente	San Juan de Aragón	Santa Catarina
Año de establecimiento	Julio/1994	Julio /1994	Julio/1996
Área del sitio	9,500 m ²	8,000 m ²	5, 600 m ²
Sistema de pesaje	báscula	báscula	báscula
Capacidad instalada	2,000 ton/ día	2,000 ton/día	2,500 ton/día
Número de líneas	4 líneas	4 líneas	5 líneas
Capacidad por línea	500 ton	500 ton	500 ton
Horas de trabajo	24 hrs/ 3 turnos lunes a viernes	24 hrs/ 3 turnos lunes a sábado	24 hrs/ 3 turnos lunes a sábado
Número de trabajadores	42 personas/línea	42 personas/línea	42 personas/línea

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, Secretaría de Obras y Servicios, GDF, 2002

En las “Unidades de Selección” se realiza una segunda separación manual llamada “pepena” con el objeto de recuperar materiales reciclables, que se realiza de forma meticulosa por medio de un sistema de clasificación mecánica y/o manual, donde los residuos se colocan en bandas en movimiento (líneas de recolección manual), sin embargo lo que se logra separar es el 2.1% (265 ton/día) de sub-productos reciclables, presentados en la Tabla 4.3

Tabla 4.3. Listado de subproductos recuperados en las Plantas de selección del DF

No.	Subproducto	No.	Subproducto
1	Bote aluminio	12	Papel color
2	Bote ferroso	13	Papel comercial
3	Fierro	14	Periódico
4	Lámina metálica	15	PVC
4	Cháchara cobre tubo y alambre	16	Plástico rígido
6	Vidrio ámbar	17	Plástico nylon
7	Vidrio transparente - pedacería	18	Vinilo
8	Vidrio verde	19	Tortilla
9	Aluminio, traste, macizo, chatarra	20	Trapo
10	Cartón	21	Colchón
11	Botella entera retornable de refresco y cerveza	22	Cháchara (envase de perfume, cartucho de impresora, cartucho tóner y diversos)

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos, Secretaría de Obras y Servicios, GDF, 2002

4.3.6. Disposición final

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 (Art. 3º, fracción XI, LRSDF, 2003)

Los residuos que no fueron recuperados se disponen en el Distrito Federal en el relleno sanitario Bordo Poniente que recibe en promedio 12,261 ton/día de residuos sólidos del DF (DGSU, 2002) (ver Figura 4.4).

Este sitio fue abierto en 1985 mediante acuerdo entre el GDF y la Comisión Nacional del Agua¹⁷ (CNA) (Convenio Uno, julio 1985). Para 1990 se convino ampliar la superficie de 98 a 268 hectáreas; en la segunda y tercera etapas (Convenio Dos, 1990); en 1992 se acordó una cuarta etapa con mil hectáreas (incluyen las tres primeras etapas) para construir, incluso plantas de selección (Convenio Tres, noviembre 1993). Para 2004 renegocia el GDF con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) sobre la elevación de las alturas en el Bordo Poniente, en el sentido que no se habían alcanzado los 15 metros al centro del relleno, ya que es necesario que se formen las pendientes (necesario para los escurrimientos de los lixiviados), y tampoco se tenían aún los 12 metros de altura en la periferia (convenio Cuatro, septiembre 2004), por lo tanto el acuerdo se mantiene hasta la fecha, ya que no se han alcanzado los 15 metros.

En el relleno sanitario Bordo Poniente se entierran aproximadamente el 95% de los materiales “no aprovechados”, de éste porcentaje un 30% ya no es posible separarse debido al grado de putrefacción que presentan, sin embargo el 70% restante es susceptible de ser recuperado mediante procesos de separación eficientes para recuperarse en un porcentaje importante y reducir la cantidad de RSU que son enviados a este sitio.

¹⁷ El relleno sanitario Bordo Poniente se localiza en la Zona Federal del Ex Lago de Texcoco. Su creación es producto de una serie de convenios celebrados entre el Gobierno Federal, representado por la Comisión Nacional del Agua, y el Departamento del Distrito Federal, hoy Gobierno del Distrito Federal.

Aún en pleno siglo XXI existe una gran cantidad de tiraderos clandestinos¹⁸ en las 16 delegaciones del DF en donde son depositados aproximadamente el 20% del total de residuos generados al día. La mayoría de estos sitios surgen de dos fuentes: la primera es producida por los recolectores privados de residuos y materiales de construcción domiciliarios; la segunda surge en zonas donde el sistema de recolección es deficiente. En este sentido los residuos son depositados en barrancas o lotes baldíos.

4.3.7. Balance de materiales de los RSU

Los balances de RSU se muestran en la Tabla 4.4.

¹⁸ Se localizan en su mayor parte, en puntos determinados de las barrancas en Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Tlalpan, son asentamientos que se caracterizan por ser zonas populares, donde el servicio de recolección es poco frecuente, y se complica por lo accidentado de la orografía de esos lugares. En Iztapalapa se ubican en las zonas populares, cuyos asentamientos se han incrementado en las dos últimas décadas y para brindar el servicio se dificulta porque se cuenta con el mismo número de vehículos recolectores para atender a un mayor número de ciudadanos, aún cuando la Asamblea Legislativa autorizó una partida, no es suficiente, de ahí la urgencia de la implementación de Programas de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS) (DGSU, 2002).

Tabla 4.4. Balance de materiales de los RSU (DGSU, 2002)

Generación 12,000 ton/día		Recolección delegacional		Estaciones de Transferencias		Plantas de tratamiento y selección		Relleno sanitario	
Fuentes	ton/día	Recolectan	ton/día	Transfer	ton/día	Selecc	ton/día	ton/día	
Domicilios 47%	5414.4	Recolección particular (713 ton/día)					603	110	
Comercios 29%	3340.8	DGSU (400 ton/día)			292			108	
Servicios 15%	1728	Recolección delegacional	9,357						
Controlados 3%	345.6	Barrido manual	1,050						
Diversos 6%	691.2	Recolección delegacional Prepena	10,407 -350						
Total			10,057		10,057				
Central de Abastos	450				450				
Aeropuerto	30						30		
Estado de México							886		
					Transferencia Composta	10,799 -10		3,576	7,213
Total						10,789			
						Selección Reciclo	5,095 -265		
Total							4,830	4,830	
Totales	12,000							12,261	

5. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN EL DISTRITO FEDERAL

La poca efectividad de los mecanismos de manejo y disposición de los RSU que ha venido aplicando el gobierno del DF, agudizan el problema al corto plazo, y que tienen que ver con la falta de una planeación en el manejo de los recursos tan necesaria y urgente ante la enorme complejidad del DF y por lo mismo, esto no ha permitido ir generando la infraestructura suficiente para poder cumplir con las operaciones de recolección, transporte, separación, tratamiento y disposición de los residuos.

En ese sentido, se tiene el incremento en los costos casi en un 30% del parque vehicular por 67.2 millones anuales (Monroy S., 2006) por las prácticas de pre-pepena que realizan los camiones recolectores, donde parte de los residuos reciclables son separados para su venta inmediata por lo que se tiene que desviar, lo que trae como consecuencia un incremento proporcional de recorridos con el consiguiente aumento en gastos de combustible, lubricantes, neumáticos, etc. Por este motivo ocasionan una disminución en la capacidad operativa del vehículo también en un 30% en cada viaje, ya que los operadores del vehículo no compactan la basura al realizar la pre-pepena. Y los gastos entonces tienen que ser asumidos por la administración del servicio para que los operadores logren un beneficio personal adicional a su salario.

De los 2011 vehículos recolectores que operan actualmente (INEGI, 1999), más del 50% superan los 20 años de antigüedad lo que provoca que el parque vehicular requiera mantenimiento constante, circunstancia que agrava la eficiencia del servicio ya que es muy probable que su vida útil sea muy corta. Y si se le suman la falta de presupuesto para el mantenimiento de las unidades y la carencia de programas específicos de mantenimiento preventivo (DGSU, 2002), el resultado es una falta de infraestructura para cubrir la demanda del servicio de limpia.

El hecho de que no existiera un programa integral de manejo de los residuos, como el que tuvo lugar hasta el 2004, llevó a un mal manejo de los sitios de disposición final, como es el caso del relleno sanitario de Bordo Poniente, el cual está en los límites de su capacidad, por lo que no es conveniente prorrogar su clausura después de diciembre de 2008, de no ser así se corre el riesgo de una posible fractura en el piso ocasionando daños en la geo membrana que sirve evitar la filtración de lixiviados hacia los acuíferos (el relleno está en una zona de acuíferos subterráneos), lo que es un peligro para la salud de la población. La búsqueda de nuevos sitios de disposición final inició desde 2004, lo que no ha sido fácil porque se debe de cumplir con la normatividad vigente a fin de evitar que se provoque la contaminación al aire, al agua y al suelo, así como la falta de espacios adecuados y la falta de acuerdos gubernamentales, esto lo hace más complicado.

Las cifras oficiales del Gobierno del DF¹⁹ nos indican que el manejo de los residuos sólidos ocupa una parte importante de nuestros impuestos; donde la recolección y la disposición final representan elevados costos para los gobiernos que administran nuestras aportaciones. El GDF y las delegaciones gastan alrededor de 1,700 millones de pesos al año²⁰ en la atención de los servicios de recolección, transporte y disposición.

Sin embargo, la aplicación de programas integrales de separación de residuos sólidos, como la Gestión Integral que lleva a cabo la Delegación Azcapotzalco desde el 2003, con un porcentaje de separación de “residuos limpios”²¹ bastante aceptable, puede ser una vía para dar solución al problema de la basura. El programa de gestión integral que ha venido accionando sobre un esquema de expansión gradual que consiste en la implantación del Programa de Separación y Recolección Selectiva en un determinado número de rutas por año, iniciando con la difusión, donde cada etapa es supervisada de forma permanente.

¹⁹ Página oficial del Gobierno del DF, referencia de internet: <http://www.df.gob.mx/ciudad/residuos/residuos01.html>. Consultada en enero de 2009.

²⁰ Dirección General de Servicios Urbanos del GDF “Busca el GDF abatir los costos por procesamiento de basura”. Artículo Crónica Vespertino Delegacionales, 31 de marzo 2008, sin embargo es recomendable ir a la fuente origen “Decreto de presupuesto de egresos del Distrito Federal para el ejercicio fiscal 2005”. Gaceta oficial del Distrito Federal 27 de diciembre No. 138 Bis. Página Internet: http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/pdf/diciembre04_27_138bis.pdf

²¹ Se refiere a residuos en donde no están mezclados los orgánicos con los inorgánicos en la fuente de generación.

La participación ciudadana ha sido un factor fundamental para el éxito del Programa en esta Delegación.

Por tanto la implementación de Programas de Gestión Integral de Separación de Residuos Sólidos (PGIRS 2004-2008) asegura un incremento paulatino y de recuperación de residuos para su valorización. La valorización permitiría entonces dar valor agregado a los residuos y generar recursos económicos que podrían ser aplicados en el manejo adecuado de los RSU, donde la valorización contempla métodos y procesos como: el composteo, reciclado y de recuperación de energía.

Por ejemplo, Estados Unidos de América disminuyó sustancialmente de 8000 rellenos sanitarios en 1988 a 1858 rellenos en 2001 recuperando el 30% de los residuos, mediante el reciclado y el composteo, ya que establecieron aproximadamente 9,700 programas de reciclado en todo el país y 3500 programas de composteo (US-EPA, 2003). En Suiza, Holanda, Austria y Alemania, Noruega y Suecia son considerados países con altos índices de reciclado (Pellaumil, 2001). Ver Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Países con altos índices de reciclado

País	Reciclado	Fuente
Suiza	52% en 1998	Swiss Environment Agency
Holanda	46% en 1998	Dutch Environment Ministry
Austria	48% en 1996	Austrian Federal Waste Management 1998
Alemania	48% en 1996	Environment Data Germany 1998
Noruega	38% en 1999	Statistics Norway
Suecia	34% en 1997	Swedish EPA

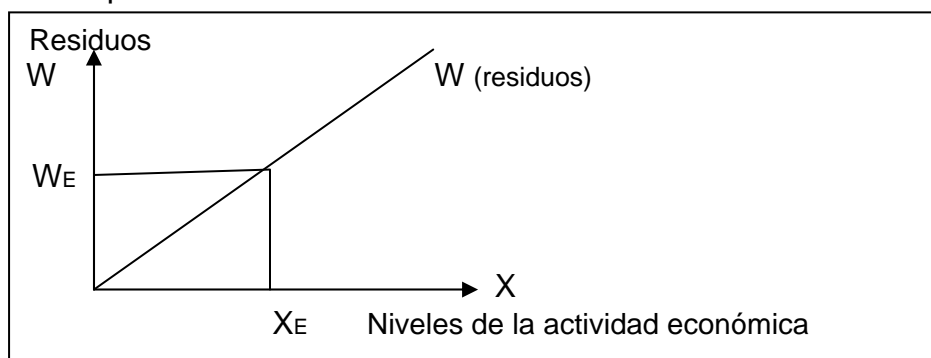
6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS

Para el análisis de los RSU se considerarán algunos factores que influyen en su generación por lo cual es necesario incluirlos, para tratar de explicar la importancia de integrar Programas de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS) a los sistemas de recolección de residuos del DF. Los factores son los siguientes:

6.1. Relación de los residuos con los niveles de la actividad económica

La Figura 6.1, muestra que el residuo (W) como una función positiva de la producción económica (X), es decir al crecer la producción aumentan los residuos (la linealidad, solo se supone por conveniencia), y cuando la cantidad de residuos llega a W_E , con un nivel de producción X_E , donde el ambiente no puede recibir más residuos porque ya agotó su capacidad para integrarlos.

Figura 6.1 Comportamiento de los residuos sólidos contra los niveles de la actividad económica



Fuente: Pearce D., 1985

Esto tiene que ver con el ingreso per cápita, el cual es un factor determinante para que la generación de residuos sólidos por habitante se incremente es decir a mayores ingresos mayor generación de residuos. Según Acurio y colaboradores (1997), se estima que en los países de bajos ingresos se generan entre 0.4 y 0.6 kg/hab./día, en los de ingresos medios está relación es de 0.5 y 0.9 kg/hab./día; y por último, los países de altos ingresos generan entre 0.7 y 0.8 kg/hab./día.

6.2. Termodinámica de los residuos sólidos















El sistema económico actual requiere la producción de satisfactores, por lo que hará uso de aquellos recursos útiles de baja entropía, resultando después entonces en la generación de residuos de alta entropía. La generación de estos residuos está sujeta y determinada por la Segunda Ley de la Termodinámica, por lo que tienden hacia un alto grado de dispersión y pocas posibilidades de utilización. Porque los sistemas antropogénicos actuales tal y como han sido diseñados, no tienen la posibilidad de integrarse al medio ambiente por lo que su incorporación es como materiales de alta entropía, entonces son pocas o nulas las posibilidades de ser revalorizados, desde el punto de vista económico (Corona, R. A., 2000).

En este sentido, se tiene un aspecto crucial de buscar la construcción de una economía sustentable, que tiene que ver con lograr una reducción óptima y adecuada de los residuos (reducción de la fuente) para su reintegración a los ciclos productivos, que se traducirá en una optimización tanto en los aspectos termodinámicos y ambientales como financieros.

6.3. Naturaleza química de los residuos sólidos

La gran cantidad de residuos generados y la heterogeneidad en su composición donde algunos residuos difícilmente se pueden identificar, ha provocado la búsqueda de diferentes métodos y procedimientos para su reconocimiento. Como es el caso de los métodos de separación de los residuos plásticos, para los cuales se han desarrollado varias técnicas basadas en métodos físicos de diferente naturaleza, esta identificación se logra fácilmente identificando el número o las siglas del sistema de identificación americano *Society of the Plastics Industry* (SPI), que suele aparecer en la base rodeado por tres flechas similares al círculo mobius, Ver Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Identificación de materiales plásticos

Código	Siglas	Envases de plástico	Nombre
	PETE		Polietilén tereftalato
	PEAD		Polietileno alta densidad
	PVC		Policloruro de vinilo
	PEBD		Polietileno de baja densidad
	PP		Polipropileno
	PS		Poliestireno
	Otros		Resinas epoxídicas, resinas fenólicas y resinas amídicas, poliuretano

Fuente: NMX-E-232-SCFI-1999

Los métodos de separación son tan importantes y se han especializado a tal grado para el correcto reconocimiento de los residuos, que son tan necesarios en los programas integrales de separación. En el caso de los RSU, como lo muestra la Tabla 6.2, se tiene una clasificación por su manejo en 2 categorías, orgánicos e inorgánicos, sin embargo para el caso de los residuos caracterizados como peligrosos, no es suficiente y se requiere clasificarlos de acuerdo a su composición química para su manejo adecuado, lo mismo ocurre con los residuos sanitarios e infecciosos.

Tabla 6.2. Caracterización de los residuos sólidos urbanos

ORGÁNICOS		INORGÁNICOS			
1	Residuos de frutas y verduras		Bolsas, empaques y envases en general		
2	Residuos de comida	13	Plásticos		
3	Pan y tortillas	14	Vidrio		
4	Huesos	15	Papel		
5	Cáscaras de huevo	16	Cartón		
6	Restos de Carne	17	Metales		
7	Residuos de café				
8	Cabellos		Productos de fabrica como:		
9	Servilletas	18	Ropa		
10	Virutas de lápices	19	Utensilios del hogar		
	Poda y tala:	20	Artículos de oficina		
11	Residuos de Pasto				
12	Troncos, ramas y hojarasca				
Y OTROS					
Químicos y Residuos peligrosos¹			Residuos sanitarios e infecciosos¹		
21	Pilas y baterías eléctricas	25	Papel del baño	29	Banditas
22	Cartuchos de impresora y copiadora	26	Toallas sanitarias	30	Medicamentos
23	Envases de solventes	27	Condomes	31	Excrementos y cuerpos de animales domést.
24	Insecticidas y raticidas caseros	28	Gasas con sangre		

Fuente: Clasificación tomada del volante "Juntos pero no revueltos", elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente del GDF y la Dirección General de Servicios Urbanos, Delegación Azcapotzalco, 2007
 Nota: ¹ Son de manejo especial (LRSDF, 2003).

7. POSIBLES SOLUCIONES O ALTERNATIVAS PARA LA VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los Programas de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS), pueden brindar una serie de beneficios al minimizar la generación de los residuos. Su aplicación permite establecer los mecanismos necesarios para establecer un Sistema Integral de Valorización (SIV) para cualquier residuo (como la propuesta que presentamos al finalizar el capítulo).

La *Gestión integral* se define como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones y normas operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final (Art. 3º, fracción XV, LRSDF, 2003)

El Programa de Separación y de Recolección Selectiva que ha venido implementando la Delegación Azcapotzalco es un buen acierto de cómo llevar a cabo una gestión de residuos exitosa, motivo de este Trabajo de Tesis. El Programa tiene una particularidad, la inclusión de una “estrategia de difusión” dirigida al ciudadano común, con el objeto de tener un diagnóstico de su comportamiento en su entorno, por ser los principales agentes generadores de los residuos sólidos urbanos. Resultados obtenidos: *residuos orgánicos limpios*²², aumento en el porcentaje de separación de los reciclables y disminución de los residuos “no aprovechados”.

Con este “Programa de manejo”, la ciudadanía ahora ya separa sus residuos en las 2 categorías: orgánicos e inorgánicos, (veremos más adelante los porcentajes de separación conseguidos), y la Delegación les obsequia bolsas de “composta” de medio kilogramo, resultado de la transformación de los residuos orgánicos recolectados a los ciudadanos. El haber logrado su implantación es esperanzador,

²² Cuando se habla de residuos orgánicos limpios quiere decir que estén libres de cualquier material plástico, como peligroso o de cualquier material que no se biodegrada, para evitar su contaminación.

siendo una de las prioridades del GDF, minimizar la generación de los residuos sólidos mezclados.

Sin embargo tenemos otros residuos como: *unicel*, papel calca, globos, empaques plastificados, *foamy*, etc. que se seleccionan y separan como parte de la aplicación del Programa, pero que posteriormente se tienen que disponer como residuos “no aprovechados”, porque no tienen un valor comercial. En un buen porcentaje podrían ser aprovechados, ya que poseen un poder calorífico alto, lo que les confieren características de valor, pero no se ha podido hacer porque la Delegación no cuenta con los recursos suficientes. Este valor calorífico en residuos de esta naturaleza es un indicador del potencial de aprovechamiento térmico, que permitirá su recuperación mediante la aplicación en procesos térmicos y en consecuencia se tendrá una disminución de la carga en el relleno sanitario (ver al finalizar el capítulo propuesta de un Sistema Integral de Valorización para residuos de alto poder calorífico)

El ***Programa de Gestión Integral para los Residuos Sólidos (PGIRS)*** se plantea en varias etapas, como son:

7.1. Capacitación

Dirigida a los promotores, los supervisores y el personal de limpia y administrativo de la Dirección de Servicios Urbanos, quienes se encargarán de difundir, supervisar, operar y administrar tanto el programa como los procesos de valorización como: el reciclado. Actividad cargo de la Secretaría del Medio Ambiente y de la Dirección de Servicios Urbanos de la Delegación

Para el caso de la Delegación Azcapotzalco, el objeto de la capacitación se centra en el manejo adecuado de los residuos, por la importancia que representa la implantación de los Programas de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y dentro del marco de la Ley de los Residuos Sólidos del DF (LRSDF, 2003). Logrando que el personal de limpia participara y lo hiciera bien, por ser ellos los responsables de la operatividad del programa (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Personal capacitado en la Delegación Azcapotzalco (2004-2008)

Capacitación	Personal administrativo	Personal de limpia		Técnicos Servicio social
		Camión recolector	Barrido manual	
Personal capacitado	40	700	572	150 (2004-2005) 62 (2006) 72(2007-2008)
Fechas de capacitación	noviembre del 2003	enero a mayo del 2004	marzo y abril del 2004	cada 4 meses
A cargo	SMA	SMA y SLRMDOI	SMA y SLRMDOI	JRS
Periodo de capacitación	1 mes	5 meses	2 meses	1 mes
Tiempo de capacitación	2 horas/ruta ¹	2 horas/ruta ¹	2 horas /ruta ¹	2 horas/grupo de 12 a 25 integrantes
Lugar	Edificio Delegacional	Campamento de limpia y Parque el Siervo	Campamento de limpia	Campamento de limpia
Total	40	700	572	284

Nota: SMA = Secretaría del Medio Ambiente, SLRMDOI = Subdirección de Limpia, Rutas y Manejo de Desechos Orgánicos e Inorgánicos de Azcapotzalco, JRS = Jefatura de Residuos Sólidos de Azcapotzalco (JRS)

¹ Por ruta se dieron 4 pláticas, es decir la duración por plática es de 2 horas

Fuente: Unidad de Transferencia, Dirección de Servicios Urbanos, Delegación Azcapotzalco, (2008)

La capacitación comprende desde la preparación de los residuos a partir de “como se reciben” (desde la fuente) a la separación de componentes no combustibles e inertes, de los materiales peligrosos o tóxicos, solventes, pilas, etc. como también asegurar las condiciones para la recuperación óptima de materiales con valor económico (reciclables), como el aluminio, metales ferrosos, vidrio y diferentes tipos de papel, cartón y periódico.

Para el manejo de los *residuos orgánicos* se considerarán aquellos residuos que se biodegradan (Art. 3º fracción XXXII, LRSDF, 2003) como: residuos de frutas y verduras, pan y tortillas, poda de pasto, hojarasca y ramas, servilletas blancas con residuos de comida, viruta de lápices, residuos de café entre otros más. Aunque de más lenta biodegradación los huesos y los cascarones de huevos, también lo son.

Para el manejo de los *residuos inorgánicos* se *considerarán* todos aquellos que no tengan características de residuos orgánicos y que puedan ser susceptibles a un proceso de valorización para su reutilización y reciclaje, tales como: vidrio, papel, cartón, plásticos, laminados de materiales reciclables, aluminio y metales no peligrosos y demás no considerados de manejo especial (Art. 3º, fracción XXXIII, LRSDF, 2003).

7.2. Implementación del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) por ruta

1. Escala de aplicación del programa: Fuentes generadoras de residuos participantes: 441,008 habitantes²³, 90 colonias (familias, escuelas, mercados, edificios públicos, etc.)
2. Periodo de ejecución: 3 años (servirá para evaluar resultados del programa), sin embargo la idea es llevar el programa a las 90 colonias a 5 años como lo muestran las Tablas 7.2 y 7.3, que se muestran mas abajo.

7.2.1. Objetivos del Programa:

1. Lograr que la ciudadanía separe en las 2 categorías: orgánicos e inorgánicos, para disminuir la carga de los residuos “no aprovechados” al relleno sanitario del Bordo Poniente.
2. Obtener residuos orgánicos limpios con la calidad y eficiencia requeridos para la elaboración de “composta” (meta que se alcanzó en el 2005)

²³ INEGI, 2001. Tabulados Básicos Nacionales y por Entidad Federativa. Base de datos tabulados de la Muestra Censal. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 Ags. México, 2001

7.2.2. Descripción breve del Programa en la Delegación Azcapotzalco

Se realiza mediante la aplicación de tres operaciones: la estrategia de la difusión, la separación simultánea²⁴ y la separación terciada²⁵. Y para garantizar la separación óptima de los residuos en orgánicos e inorgánicos, cada etapa, operación, acción y actividad del Programa es supervisada. La *supervisión ha sido fundamental para el avance del Programa*.

La supervisión es un instrumento muy útil, reflejándose en resultados al corto plazo del Programa, por lo que se debe mantener permanentemente, de no hacerlo así, se tendrían bajos porcentajes de separación y no es lo que se espera.

Es importante señalar que para poder implantar el Programa de Separación y Recolección Selectiva, se utilizó la infraestructura de la Delegación, para lo cual fue necesario hacer un rediseño de las rutas y de la señalización de los lugares, así como un cambio de los horarios de recolección para tener una mejor planeación, ya que la forma en que estaba organizada no brindaba un servicio a tiempo y eficiente a la población. Quedando entonces los esquemas de expansión para la implantación de la separación y recolección selectiva como se muestran en las Tablas 7.2 y 7.3.

Tabla 7.2. Esquema de expansión del programa en la Delegación Azcapotzalco Año 1, Año2 y Año 3 (*)

Escenario		Año 1 (2004)		Año 2 (2005)		Año 3 (2006)	
		Mínimo	Objetivo ¹	Mínimo	Objetivo ¹	Mínimo	Objetivo ¹
Rutas totales	78	4	8	12	20	23	35
Colonias totales	90	5	9	14	23	27	41

(*) Datos de la Dirección de Servicios Urbanos de la Delegación Azcapotzalco. Nota: ¹ Objetivo es igual a meta

Tabla 7.3. Esquema de expansión del programa en la Delegación Azcapotzalco Año 4 y Año 5 (*)

Escenario		Año 4 (2007)		Año 5 (2008)	
		Mínimo	Objetivo ¹	Mínimo	Objetivo ¹
Rutas totales	78	39	55	59	78
Colonias totales	90	45	63	68	90

(*) Datos de la Dirección de Servicios Urbanos de la Delegación Azcapotzalco. Nota: ¹ Objetivo es igual a meta

²⁴ Se utilizan camiones con doble compartimento para recibir tanto orgánicos e inorgánicos, respectivamente.

²⁵ Se utilizan camiones de carga trasera los cuales reciben un solo tipo de residuo (orgánico ó inorgánico dependiendo el día de la semana (p. ej. Lunes: orgánicos, Martes: inorgánicos, Miércoles: orgánicos, Jueves: inorgánicos, etc.)

Para lo cual la Delegación pone en servicio 2 vehículos por ruta en las colonias incorporadas al programa, porque durante la separación simultánea (que se describe más adelante) se recolectarán en uno los orgánicos y en el otro los inorgánicos y un vehículo mas se utilizará en la recolección del barrido de las calles para evitar que se mezclen con los residuos ya separados.

La Delegación tenía 140 vehículos²⁶ en 2004 para el servicio de recolección en sus 90 colonias, distribuidos en 78 rutas, ver la Tabla 7.4.

Tabla 7.4. Antigüedad del parque vehicular en operación Delegación Azcapotzalco (*)

Delegación Azcapotzalco	Mayor a 20 años (1965-1982)	Entre 10 a 20 años (1983-1992)	Entre 5 a 10 años (1993-1997)	Menor a 5 años (1998-2002)	TOTAL
	42	43	20	35	140

(*) Datos tomados de Secretaría de Servicios Urbanos GDF, (2004)

Para el 2008, cuentan con 105 vehículos, donde 12 son vehículos de doble compartimiento, 92 son de carga trasera y 1 es de caja rectangular. Los vehículos de doble compartimiento son de reciente adquisición, 2 en el 2005, y los otros 10 en el 2007 y 2008 y que sustituyeron a los 47 vehículos, retirados por tener más de 20 años de antigüedad (5 de estos de más de 10 años), como lo muestra la Tabla 7.4.

Actualmente para el programa se dispone de un parque vehicular de 64 vehículos, los 12 de doble compartimiento, 1 de carga rectangular y 51 de carga trasera distribuidos en 46 rutas, para 42 colonias y 4 unidades habitacionales incorporadas al programa de separación.

7.2.2.1. Estrategia de Difusión: Dirigida a los ciudadanos por ser los principales agentes generadores de residuos. A cargo de los promotores y los supervisores.

Tiene por objeto difundir el programa de separación a la población, así como conocer el comportamiento del agente generador de residuos en un determinado segmento de población.

²⁶ Si se revisan los esquemas de expansión de separación y recolección selectiva de las Tablas 7.2 y 7.3, se diseñaron con este número de vehículos

Y recabar la información de campo necesaria para tener un diagnóstico real por segmento, como:

- a. Número de integrantes en el núcleo familiar
- b. Número de escuelas, de mercados, de unidades habitacionales, de hoteles, de edificios público o particulares, de hospitales y centros de salud, etc. (se incluye su nombre y ubicación)
- c. Número de tiros clandestinos
- d. Tipo de orografía
- e. Nivel socioeconómico
- f. Tipo de recolección

Funciones del promotor: El promotor visitará tres veces al ciudadano, una visita por semana de tal forma que se realicen tres visitas al mismo domicilio en un lapso de tres semanas, en una colonia determinada, tratando de llegar al mayor número de ciudadanos, donde el *supervisor estará atento de cómo se realiza*. Como se explica en la Tabla 7.5.

Tabla 7.5. Actividades a realizar por el promotor²⁷ por domicilio

Visitas	Actividades	Material a utilizar
1ra. semana	1. Entregar carta invitación ciudadano 2. Aplicación encuesta I (*) APÉNDICE A1 3. Entregar volantes “Juntos pero no revueltos” sobre listado de residuos orgánicos e inorgánicos. 4. Pegar calcomanía “YA SE VISITÓ” (1)	. Cartas invitación firmada por el delegado(a) . Formatos encuesta I . Volantes “Juntos pero no revueltos” . Calcomanías “YA SE VISITÓ” . Mapas de rutas (2)
2da. semana	1. Aplicación encuesta II (**) APÉNDICE A2 2. Entregar encuesta I y volantes “Juntos pero no revueltos”, a los vecinos que no se encontraron en la 1ra. visita	. Formatos encuesta II . Volantes “Juntos pero no revueltos”
3ra. semana	1. Informar sobre inicio de programa 2. Explicar el mecanismo de separación selectiva de residuos a implementar por la Delegación.	. Volantes “Juntos pero no revueltos”

²⁷ Detalles de la Tabla 7.5 como son: (*) Contenido Encuesta I: la dirección encuestado, el número de personas que habitan la vivienda, si conoce la LRSDF, si está dispuesto a cumplirla y un punto más de observaciones. (**) Contenido Encuesta II: problemas de recolección, como realiza la recolección el camión recolector, si es simultánea o terciaria y más un punto. (1) Y al término de cada visita se pega la calcomanía “YA SE VISITÓ” en la puerta, en la misma en la parte inferior hay 3 cuadros juntos, que son para el registro de las 3 visitas, se colocará una palomita si se encuentra al vecino o una cruz si no se encuentra, esto se hará en cada cuadro según sea el caso. (2) En el mapa de ruta marcará las escuelas, mercados, edificios públicos que encuentre.

Actividades a realizar por el supervisor en esta Etapa

1. Coordinar el trabajo de promoción.
2. Llevar un control diario en base a las bitácoras de difusión diaria x ruta
3. Entregar un informe detallado semanal a la Jefatura de Residuos sólidos, la cual depende de la Subdirección de Limpia, Rutas y Manejo de Desechos Orgánicos e Inorgánicos adscritas de la Dirección General de Servicios Urbanos de Azcapotzalco.

Contenido de la bitácora de difusión diaria x ruta (Ver formato en APÉNDICE A3):

No. y nombre de la ruta	No. de mercados en la ruta
Nombre del responsable de la ruta	No. de viviendas visitadas
No. del promotor	No. de carta invitación entregadas
Hora y Fecha de Difusión	No. de volantes “Juntos pero no revueltos”
No. de edificios en la ruta	No. de encuestas realizadas
No. de escuelas en la ruta	No. de calcomanías “YA SE VISITÓ”

Fuente: Jefatura de Residuos Sólidos. Dirección de Servicios Urbanos, Delegación Azcapotzalco, 2005

7.2.2.2. Aplicación separación simultánea: A cargo del personal de limpia. Duración tres semanas, e iniciará a la cuarta semana, al término de la “estrategia de difusión”.

El objetivo de esta operación es lograr que el ciudadano, al término de las 3 semanas este separando en las 2 categorías: orgánicos e inorgánicos.

El personal de limpia recibe los residuos y revisa que estén separados en orgánicos y en inorgánicos, colocando los reciclables en las bolsas que se encuentran a los lados del camión y en el camión se colocan los no reciclables. Los orgánicos son recibidos por otro ayudante en un segundo camión, vestido con overol, botas de plástico y enguantado, hace el vaciado y coloca la bolsa de plástico en un gran costal, o si es un bote o depósito se le regresa al ciudadano. Si la separación no estuvo bien hecha, se le recibe, y se le explica nuevamente de cómo hacerlo. *Toda la operación será observada por un supervisor²⁸, e intervendrá si considera necesario hacer alguna observación.*

²⁸ Levantará la bitácora de supervisión diaria x ruta.

7.2.2.3. *Aplicación separación terciada: A cargo del personal de limpia, inicia a la séptima semana al concluir la separación simultánea.*

El objetivo de esta operación, es lograr que el ciudadano separe en las 2 categorías: orgánicos e inorgánicos con calidad y eficiencia; ya que se busca que el porcentaje de separación de orgánicos sea mayor del 80%, es una condición esencial para la elaboración de la “composta” (el porcentaje de separación alcanzado fue del 86%)

En esta etapa, *los residuos orgánicos e inorgánicos*, son supervisados escrupulosamente, donde su selección y separación cuidadosas garantizan su máximo aprovechamiento desde la fuente, resultando en porcentajes aceptables de separación en cantidad y calidad.

Los *residuos orgánicos* como ya se dijo son revisados escrupulosamente, ya que se debe evitar que se contaminen con residuos peligrosos (Pb, Zn, Cd, Cu, etc) de pilas caducas o envases vacíos de aerosol, etc. por la naturaleza química de estos residuos, los cuales tienen que tener un manejo aparte como *residuos de manejo especial*²⁹. Los *residuos orgánicos* también deben estar libres de cualquier material plástico, o de cualquier material que interfiera en los procesos de biodegradación, para que no pierdan su valor y no sean rechazados como materia prima para la elaboración de “composta” (el proceso de composteo se viene realizando desde septiembre del 2005).

Los cuerpos de animales domésticos muertos, solo se reciben en bolsas de plástico transparentes cerradas, el mismo manejo es para los excrementos, sin embargo por el problema posible de contaminación durante la recolección de los residuos orgánicos Servicios Urbanos de la Delegación determina manejarlos ahora dentro de los *residuos biológico infecciosos* por lo que son separados y tienen un manejo aparte.

²⁹ Son los que requieren manejarse a planes de manejo específicos con el propósito de seleccionarlos, acopiarlos, transportarlos, aprovechar su valor o sujetarlos a tratamiento o disposición final de manera ambientalmente adecuada y controlada (Art. 3º fracción XXX, LRSDF, 2003)

En cuanto a los residuos de la tala y poda, si son ramas y troncos muy grandes al recibirse se separan al momento y se colocan aparte del total de los orgánicos, porque serán rechazados en la planta de “composta”, porque deben ser triturados primero.

Para el manejo de los residuos inorgánicos al momento de su recolección son separados por tamaños. Los colchones, se colocan en la parte de arriba del techo, así como cualquier otro mueble y de los reciclables como el cartón que se acomoda en pacas y se amarra. Los residuos reciclables son seleccionados y separados en costales de acuerdo a sus características como: los envases de PET (polietilén tereftalato), las latas de aluminio, las latas de fierro y los envases de vidrio.

Y por último los *residuos no reciclables* se colocan en el camión, son los residuos rechazados que no tienen valor comercial y corresponden a los residuos “no aprovechados” (unicel, resistol, etc). Así como los residuos de manejo especial y los residuos biológico-infecciosos que por su peligrosidad se deben manejar en bolsas de plásticos separadas y cerradas.

La separación de los inorgánicos se termina en las Plantas de selección, ya que es más minuciosa porque es personal mas especializado en la selección y separación de estos materiales, y se realiza hasta que consideran que ya recuperaron todos los materiales aprovechables.

Actividades que debe realizar el supervisor para cada una de las etapas de la separación simultánea y terciada.

1. Apoyar al personal recolector cuando lo necesite.
2. Realizar un programa de supervisión de las rutas a su cargo
3. Levantar la bitácora de supervisión diaria x ruta.
4. Entregar un informe detallado semanal a la Jefatura de Residuos sólidos, la cual depende de la Subdirección de Limpia, Rutas y Manejo de Desechos Orgánicos e Inorgánicos adscritas de la Dirección General de Servicios Urbanos de Azcapotzalco.

Contenido bitácora de supervisión diaria x ruta (ver APÉNDICE A4):

No. y nombre de la ruta	No. y Nombre de las colonias
Nombre del responsable de la ruta	No. de ciudadanos que no separan los residuos.
No. del promotor	
Hora y Fecha de Supervisión	No. de ciudadanos que no se enteraron del programa
No. de personal ocupado para la sep./turno	Eficiencia en la separación:
Chofer () Peón () Voluntario ()	Buena () Regular () Mala ()
Tiempo en que realizan la separación por ruta:	No. de ciudadanos que separan los residuos
Tiempo Inicio Tiempo Término	Nombre y Firma del Supervisor

Fuente: Jefatura de Residuos Sólidos, Dirección de Servicios Urbanos, Delegación Azcapotzalco, 2005

La separación terciada se realiza los lunes, miércoles y viernes para la recolección de los orgánicos. Y los martes, jueves y sábado se recolectan los inorgánicos.

Para el caso en particular de los mercados, escuelas y edificios públicos la Dirección de Servicios Urbanos de la Delegación elabora un programa calendarizado para fijar los días para la recolección para cada uno, excepto para los mercados grandes se realiza de lunes a sábado. Aún cuando se les brinde el servicio, tienen que elaborar un plan de manejo de sus residuos y pagar por su generación porque son generadores de alto volumen³⁰.

Tabla 7.6. Unidades de Comercio y Abasto en Azcapotzalco (31 diciembre 1996)

Tipo	Cantidad
Mercados sobre ruedas	2
Tianguis	45
Mercados públicos	19
Concentraciones	3
Total	69

Fuente: Dirección de Abasto, Comercio y Distribución, Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Distrito Federal (1996)

³⁰ Un generador de alto volumen son las personas físicas y morales que generen un promedio igual o superior a 50 kilogramos diarios de peso bruto total de los residuos sólidos equivalente en unidades de volumen (Art. 3º, fracción XIV, LRSDF, 2003)

Los planes de manejo de los mercados y edificios públicos son autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente del GDF y donde los mercados deben de hacerlo conforme a los procedimientos para la separación y recolección selectiva de residuos sólidos (SMA, 2004).

Los mercados, por estar a cargo de las delegaciones, les brindan el servicio de recolección, pero sería mejor si fuera sobre un Plan de Manejo de Residuos Sólidos y que pagaran por los residuos que generan, esto no se ha logrado. *Para el caso de la Delegación Azcapotzalco por ser la única en implementar un Programa de Gestión Integral, se ha beneficiado por la generación de los residuos orgánicos de los mercados, ya que el 80% son residuos limpios.*

Las escuelas como son centros de enseñanza y educación son capacitadas para que instrumenten un programa de separación, el cual es supervisado por los promotores de la Delegación a cargo del Programa de manejo, esto les ha permitido entrar en colaboración con organizaciones donde intercambian residuos limpios por mejoras a las escuelas.

Tabla 7.7. Planteles Educativos en la Delegación Azcapotzalco (1997)

Plantel de educación según nivel	Públicas	Privadas
Pre escolar	58	68
Primaria	86	22
Secundaria	30	8
Media	12	4
Superior ²	4	---
Otras instituciones educativas	4	4
Total	194	106

² Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), IPN, Universidad Autónoma Metropolitana, (Azcapotzalco).

Fuente: Programa de Fomento Económico; Delegación Azcapotzalco, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)-Ciudad de México, 1997.

Y por último el caso de los centros de salud, hospitales y clínicas particulares solo les recogen los reciclables y los residuos biológico infecciones son responsabilidad de estas instituciones ya que deben tener un manejo controlado por el que deben pagar. La Delegación realiza una supervisión constante y

rigurosa, para asegurar el manejo adecuado que se hace de este de tipo de residuos.

Tabla 7.8. Centros de atención a la salud en la Delegación Azcapotzalco (1997)

Tipo	Cantidad
Centros de salud	6
Clínicas y Hospitales del IMSS ²	6
Clínicas y Hospitales del ISSSTE ³	5
Total	17

² Centro Médico "La Raza UNAM ³ Hosp. Gral de Petróleos Mexicanos, Clínica Odontológica

Fuente: Programa de Fomento Económico, Delegación Azcapotzalco 1997

7.3. Preparación de los residuos para su valorización.

La preparación es un poco más especializada con el objeto de que reúnan las condiciones requeridas como materia prima para ser utilizada en otros procesos y es posterior a su selección y separación desde la fuente. Es decir los residuos sólidos recuperados se preparan para su mejor aprovechamiento en los procesos de valorización como: el composteo, el reciclaje, los térmicos (generadores de energía) principalmente.

De los residuos recuperados por la implementación del Programa se tienen

1. Residuos orgánicos limpios
2. Residuos reciclables (aumento del porcentaje de recuperación)
3. Residuos "no aprovechados" (en particular los de alto poder calorífico).

Ahora bien, para la preparación de los residuos recuperados, se realizan operaciones como: trituración, cribado, mezclado, entre otras más, la Tabla 7.9 muestra las operaciones unitarias que se aplican comúnmente para su preparación en procesos de valorización.

Tabla 7.9. Operaciones unitarias

1. Selección	6. Mezclado
2. Primera separación (desde la fuente y los sitios de selección)	7. Secado y peletizado
3. Trituración	8. Empacado
4. Segunda separación	9. Almacenado
5. Cribado	

7.3.1. Preparación de residuos orgánicos limpios.

Los residuos orgánicos limpios son aquellos que se seleccionaron y separaron de los residuos inorgánicos, con un porcentaje de separación del 86 % al aplicar el Programa, donde la supervisión hasta cierto punto rigurosa, ha resultado eficaz porque para el “proceso de composteo”, es vital su control.

Los residuos orgánicos destinados a la elaboración de “composta” deben estar libres de cualquier residuo plástico, metales pesados o peligrosos (Pb, Cd, Cu, Zn.) u otros materiales que no se biodegraden. La presencia de residuos peligrosos afecta negativamente a los procesos de “composteo”. Los trozos de tronco deben estar triturados para que no se rechace la carga completa de residuos orgánicos limpios, porque de ser rechazados se mandan a disposición al relleno y esto es lo que no debe pasar ya que es importante abatir su volumen.

Los residuos orgánicos limpios son triturados y cribados porque al reducir su tamaño aumenta la superficie de contacto y la descomposición es más rápida y permite alcanzar la temperatura óptima, a la cual los microorganismos no pueden sobrevivir y se evita que causen enfermedades a usuarios y vecinos. De ahí la razón del porque la supervisión es tan estricta, ya que la descomposición microbiana es un proceso complejo de controlar ya que depende de su composición y también de la temperatura.

7.3.2. Preparación de residuos reciclables

Son seleccionados y separados desde la fuente y las plantas de selección, para su posterior venta, casi de inmediato, por lo que su almacenamiento es temporal y por tanto ya no se realiza una preparación posterior.

7.3.3. Preparación de los residuos de alto poder calorífico

Este tipo de residuos (unicel, foams, plásticos sucios, entre otros más) pueden ser aprovechados en procesos generadores de energía, porque poseen una capacidad calorífica aprovechable, pero como no son transformados no tienen un valor comercial como tales y por lo tanto no resultan de interés. Sin embargo al implementarse el Programa no los excluye porque fue estructurado para la selección y separación de los residuos, lo lógico es que deberían seguir con su preparación. Son seleccionados y recuperados pero el resultado al final es que son “dispuestos” al relleno. Sin embargo el GDF no descarta su aprovechamiento, solo que falta realizar una mejor planeación que permita el poder aprovecharlos en procesos térmicos, entonces si tiene un sentido al prepararlos como materia prima, para su máximo aprovechamiento.

Los residuos de alto *poder calorífico* (APC) deben cumplir con un tamaño de partícula y deben tener un bajo contenido de humedad, condiciones importantes en procesos de esta naturaleza, que repercuten en los parámetros básicos de operación como son: la temperatura de reacción, las velocidades de reacción y el tiempo de residencia, ya que influyen en la calidad de los productos y que por lo mismo se deben controlar (Leidner, 1981).

Al reducir el tamaño de partícula de los residuos de APC permitirá un aumento de la superficie de contacto de los mismos. Otra variante de este tipo de procesos es que a una temperatura de reacción, tiempo de residencia determinados y tamaños de partícula menores, resultarán en velocidades de reacción más rápidas y un incremento de la generación de gas (producto resultante del proceso térmico). Así

mismo el secado de residuos APC antes de entrar al proceso, es una práctica común, ya que reduce la cantidad de calor que ha de alimentarse al proceso térmico, el tiempo de calentamiento y la cantidad de líquidos producidos (Leidner, 1981).

Cuando han sido triturados y secados, en estas condiciones pueden almacenarse por largos periodos de tiempo, sin que sufran cambios en estas condiciones y posteriormente ser utilizados sin ningún inconveniente. Garantizando una eficiencia mayor en los procesos térmicos, entonces estos residuos tendrán una recuperación con valor comercial. (Leidner, 1981).

Es posible obtener energía de la basura, sin embargo los costos serían mayores porque habría que abatir la humedad de la materia orgánica, resultando en valores bajos de energía y en consecuencia en menores eficiencias en los procesos térmicos. La Tabla 7.10, muestra el poder calorífico que se produce por fuente generadora de residuos.

Tabla 7.10. Características Fisicoquímicas de los residuos sólidos en el DF

Fuente		Humedad (%)	Cenizas (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
<i>Domiciliarios</i>				
1	Unifamiliar	49.93	18.62	3,574.93
2	Plurifamiliar	48.97	10.47	2,824.30
<i>Comercios</i>				
3	Tiendas de autoservicio	72.00	1.20	1,543.00
4	Tiendas departamentales	44.40	7.60	3,620.00
5	Locales comerciales	27.80	3.40	2,934.00
6	Almacenamiento y abasto	67.63	12.38	1,349.00
7	Mercado de artesanías	45.79	3.83	---
8	Mercado de las flores	72.80	4.50	---
9	Mercado de San Juan	85.76	23.18	4,294.00
10	Central de abasto	90.0	1.07	---

Tabla 7.10. Características Físicoquímicas de los residuos sólidos en el DF (*continuación*)

Fuente		Humedad (%)	Cenizas (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
<i>Servicios</i>				
11	Restaurantes y bares	57.43	11.90	1,857.17
12	Servicios públicos	2.30	3.80	6,528.00
13	Hoteles y moteles	36.50	7.36	2,284.33
14	Centros educativos	17.40	3.10	2,472.00
15	Centros de espectáculos	32.47	17.37	6,416.00
16	Oficinas públicas	21.53	8.76	3,682.00
17	Oficinas privadas	13.39	34.71	4,463.00
<i>Controlados</i>				
18	Unidades médicas	57.81	12.67	2,617.60
19	Laboratorios	27.76	6.65	3,304.00
20	Transporte terrestre	35.10	39.10	2,474.00
21	Transporte aéreo	39.20	5.20	3,443.50
22	Centros de readaptación	62.80	9.99	4,375.25
23	Transporte aéreo	33.13	38.10	3,830.00
<i>Diversos</i>				
24	Espacios abiertos	7.00	53.03	2,986.30
25	Vía pública	37.67	56.27	2,510.00

Fuente: Dirección General de Servicios Urbanos. Secretaría de Obras y Servicios. GDF. 1990-1994

7.4. Propuesta de un Sistema Integral de Valorización (PSIV) para el manejo de los RSU

Los Sistemas Integrales de Valorización (SIV), son las nuevas alternativas para el manejo de RSU, que incluyen la reducción en la fuente, y el máximo aprovechamiento y valorización de los mismos (US-EPA, 2003), y en este sentido la gestión de materiales orgánicos son valorizados como materia prima para la elaboración de composta. Los “residuos reciclables” en función de su valor económico se comercializan directamente para su reuso o para ser utilizados como materia prima en otros procesos. Pero si no tienen un valor económico como es el caso de los “residuos no aprovechados” no serán sujetos al reciclamiento, sin embargo se podrán analizar para conocer su poder calorífico (PC) y, en caso de tener un alto poder calorífico (APC), podrán ser valorizados

para ser utilizados como energéticos en diferentes aplicaciones, entre ellas la generación de energía eléctrica (Reynolds et al., 2002).

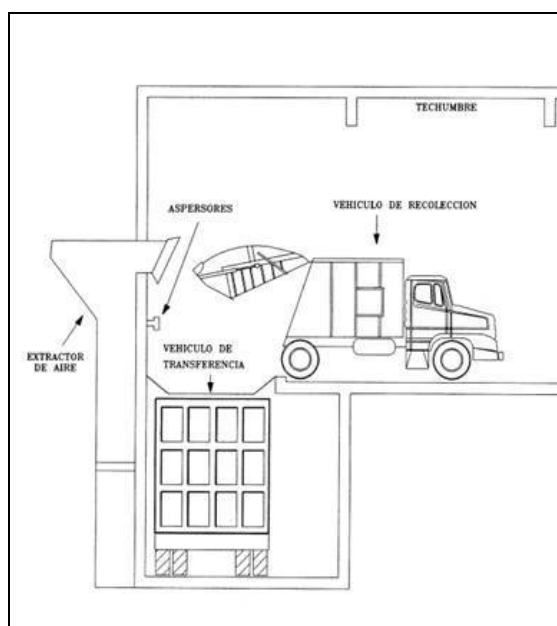
La LRSDF (2003), en su Art. 3º, fracción 4 define el término *Aprovechamiento del valor o valorización* como el conjunto de acciones cuyo objetivo es mantener a los materiales que los constituyen en los ciclos económicos o comerciales, mediante su reutilización, re-manufactura, rediseño, reprocesamiento, reciclado y recuperación de materiales secundarios con lo cual no se pierde su valor económico.

El Programa de Separación y Recuperación Selectiva que implementa la Delegación Azcapotzalco, ha permitido una gestión integral óptima de los residuos orgánicos, los cuales son seleccionados y recuperados en un 86%, cumpliendo con las condiciones requeridas para utilizarse para la producción de “composta” ya que ahora son residuos orgánicos limpios de buena calidad (los resultados se presentan más adelante) haciendo posible su valorización ya que desde septiembre del 2005 se produce “composta”.

Los *residuos orgánicos limpios* obtenidos en la ruta, se trasladan a la Estación de Transferencia de Azcapotzalco, a la entrada hay una báscula de piso, donde se pesa el camión con la carga de orgánicos limpios y cuando ya se registró su peso, ingresa por una rampa hasta llegar al sitio acondicionado para los orgánicos. El camión deja caer su carga directamente a la *caja de transferencia* (previamente acomodada) de un vehículo de transferencias, la cual tiene una capacidad 25 toneladas (equivalente a 6 camiones recolectores)³¹. Cuando termina de vaciar su carga, sale por el mismo lugar por donde entró, se pesa nuevamente (para conocer el peso de la carga de residuos orgánicos limpios), (ver Figura 7.1).

³¹ Dato proporcionado por la estación de Transferencia de la Delegación Azcapotzalco, 2008

Figura 7.1. Transbordo de residuos sólidos a la Estación de Transferencia



Ya llena la caja de transferencia, el *vehículo de transferencia* se traslada con su carga al Bordo Poniente, donde se encuentra la Planta de Composta. Al llegar a la planta, el vehículo de transferencia se pesa a la entrada y después de ser pesado, pasa a descargar *en el área de recepción de residuos orgánicos limpios*, al terminar vuelve a ser pesado (para conocer el peso de la carga) y se retira. Hasta aquí llega la función del vehículo de transferencias, y se retira para posteriormente regresar por otra carga más.

Proceso de composteo

El “*composteo*” es el proceso de descomposición aerobia de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos específicos (Art. 3º, fracción VII, LRSDF, 2003)

El método aplicado para la producción de composta es el aeróbico, los *residuos orgánicos limpios* se acomodan de tal forma que se forman pilas triangulares alargadas de ahí su nombre de “Proceso de pilas de composteo” (bioceldas o biopilas).

Se llevan a cabo dos fases, que al concluir el proceso de composteo la masa total se ha reducido casi un 40%, el olor es parecido a suelo de jardín, si se compara al inicio del proceso que son olores fuertes y desagradables, la textura es más homogénea y el color adquiere un tono oscuro. El periodo de “composteo” es de 9 semanas hasta 12 semanas, en general.

La composta que produce se utiliza como mejorador de suelos en parques y jardines o donde se requiera dentro de la jurisdicción de la Delegación Azcapotzalco. Otra parte se destina al Programa, se obsequia en bolsa de 500 gramos a los ciudadanos que están separando, para motivarlos a que sigan participando.

En cuanto a los *residuos inorgánicos* separados en la ruta (recordando que hubo ya una primera separación conocida como “prepepena” de una parte de los reciclables), son trasladados también a la *Unidad de Transferencia de Azcapotzalco*, donde son pesados y descargados como se hizo con los residuos orgánicos limpios, para ser trasladados a las *Plantas de Selección y Tratamiento*, donde se realiza una 2da. separación para terminar de separar los reciclables, hasta dejar solo aquellos que no tienen un valor comercial, los cuales fueron seleccionados y separados en un buen porcentaje al implementar el Programa, para terminar buena parte de ellos absurdamente dispuestos en el relleno, como residuos “no aprovechados” cuando son residuos con una capacidad calorífica aprovechable. Siendo de vital importancia su aprovechamiento ya que podrían ser sometidos a “Procesos térmicos”. De llevarse a cabo se tendría entonces un Sistema Integral de Valorización (SIV) de RSU porque se estarían aprovechando también residuos alto poder calorífico, y entonces si se estaría *minimizando y valorizando* la totalidad de los residuos aprovechables en esta Delegación.

Los *procesos térmicos* de residuos sólidos son usados para reducir su volumen y la recuperación de energía es un factor muy importante en los Sistemas Integrales de Valorización de los Residuos Sólidos. Pueden ser definidos como la conversión de los residuos sólidos en gases, líquidos y sólidos con la consecuente generación de energía (Tchobanoglous G. *et. al*, 1993).

Como un dato más, de las 12,000 ton/día RSU aproximadamente que se generan en el DF, el 38.70% (plásticos + cartón y/o materiales derivados de la celulosa + otros subproductos denominados misceláneos) está conformado por subproductos con alto poder calorífico esto da aproximadamente 4,744 ton/d de residuos de alto poder calorífico aprovechables (ver Tabla 7.11).

Tabla 7.11. Composición de los RSU en el DF en 1995

Tipo de residuo	Cantidad (ton/día)	% en peso
Alimentario	3126	28.06
Jardinería	395	3.55
Papel (incluye papel sanitario)	2258	20.27
Cartón (incluye envases)	1240	11.13
Plásticos (rígidos, flexibles, termofijos)	924	8.30
Metálicos (envases, chatarra)	355	3.18
Vidrio (botellas y frascos)	735	6.60
Otros	547	18.91
TOTAL DE RESIDUOS GENERADOS	11140	100

Fuente: Careaga J., 1997

En los RSU el poder calorífico alto proviene de los materiales orgánicos derivados de los hidrocarburos, como plásticos mezclados: polietileno, polietilén tereftalato (PET), polipropileno (PP), poliestireno (PS), principalmente (Blanco R., 1997). En la Tabla 7.12 se presenta el poder calorífico de los principales componentes de los RSU

Tabla 7.12. Poder calorífico típico de algunos RSU³²

Material	Poder calorífico (PC) (cal/g)	
	Recolectado	Seco
Residuos de comida	998	3,324
Cartón	3,912	4,127
Plásticos (mezclados)	7,834	7,995
Polietileno	10,382	10,402
Residuos del jardín	1,445	3,613
Vidrio y mineral	47	48
Metal, latas de hojalata	167	177

Fuente: Tchobanoglous G. et al., 1993

³² Como se observa, la fracción de los residuos que les confiere un alto poder calorífico es aportada por los plásticos y por el polietileno, principalmente

De acuerdo a los requerimientos de oxígeno (aire) se tienen tres categorías de procesos térmicos: *sistemas de combustión*, *sistemas de gasificación* y *sistemas de pirólisis*.

1. Los sistemas de combustión son aquellos donde sus reacciones se llevan a cabo con un exceso de O₂ en una combustión completa como la incineración.
2. Los sistemas de gasificación son aquellos donde se efectúa una reacción parcial con menor cantidad de oxígeno y a elevadas temperaturas.
3. Los sistemas de pirólisis son aquellos donde las reacciones ocurren en ausencia de O₂.

Para tener una visualización de estos sistemas, la Tabla 7.13 muestra los principales aspectos de los procesos de conversión térmica.

Tabla 7.13. Principales aspectos de los procesos de conversión térmica

Proceso térmico	Tipo de proceso	Productos intermedios	Principales productos	Subproductos
Combustión	Reacción de flama, oxidación completa	Gases de combustión, vapor	Vapor electricidad	Ceniza residual, residuos derivados de la limpieza de gases
Gasificación	Oxidación parcial	Gas de síntesis ³³	Electricidad compuestos químicos	Ceniza, alquitrán, residuos derivados de la limpieza del gas
Pirólisis	Calentamiento externo, ausencia de oxígeno, degradación térmica de materiales orgánicos sólidos	Aceite	Electricidad compuestos químicos	Carbón, gas de síntesis
Gasificación térmica	Pirólisis a alta temperatura	Gas de síntesis	Electricidad compuestos químicos	Carbón, alquitrán, residuos sólidos limpios

Fuente: DEFRA, 2005

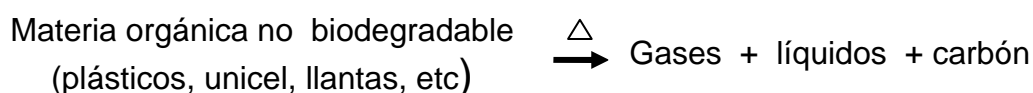
³³El gas de síntesis o syngas se produce por la descomposición térmica de la materia orgánica mediante los procesos de gasificación y de pirólisis. El gas es rico en metano, hidrógeno y monóxido de carbono y puede ser utilizado como combustible alterno o directamente para generar electricidad (DEFRA 2005).

Los sistemas de combustión como son: los procesos de incineración, y donde muestra la Tabla 7.13 que no se tendría el aprovechamiento esperado además de una generación alta de cenizas y lo que se requiere, es el máximo aprovechamiento de los residuos de alto poder calorífico (APC), que si se tendría con los procesos de gasificación y pirólisis, donde se produce el gas de síntesis, materia prima para la generación electricidad como producto principal y la obtención de otros productos secundarios que podrían ser utilizados en otros procesos o simplemente como productos útiles con demanda en el mercado.

Con estas tecnologías térmicas los residuos de alto poder calorífico (APC), son transformados a sustancias gaseosas (H_2 , CO , CH_4 y etileno) y líquidas (alquitrán, aceites ligeros y pequeñas fracciones de compuestos orgánicos e inorgánicos), utilizando energía calorífica procedente de los mismos, mediante temperatura. Se controlan las condiciones oxi reductoras (cantidad de aire) para que los residuos reaccionen y formen compuestos con alta energía interna (combustible). Por ejemplo: El gas combustible resultante puede quemarse en un motor de combustión interna, turbina de gas o caldera en condiciones de oxígeno adicional (Tchobanoglous G. et al., 1993). Si al proceso se alimentan llantas, se puede generar diesel, materiales asfálticos, etc (Kumar, 2000).

La posible reacción general es la siguiente:

Reacción principal



Ahora bien pasaremos a definir los procesos de pirólisis y gasificación:

La pirólisis³⁴ es un proceso térmico donde los residuos orgánicos no biodegradables de APC se da en ausencia total de oxígeno (O₂), se rompen mediante calentamiento, por la ocurrencia de reacciones de combinación de desintegración térmica y de reacciones de condensación. Los productos son gases, líquidos y carbón (similar a gasificación). Se requiere una fuente de combustible externa para conducir las reacciones endotérmicas en un ambiente libre de oxígeno (Tchobanoglous G. et al., 1993)

Los requerimientos de oxígeno son bajos (como se muestra en Tabla 7.10) y como son procesos cerrados no hay contaminación a la atmósfera, porque evitan la formación de compuestos tóxicos, así como una menor generación de cenizas en comparación a la incineración.

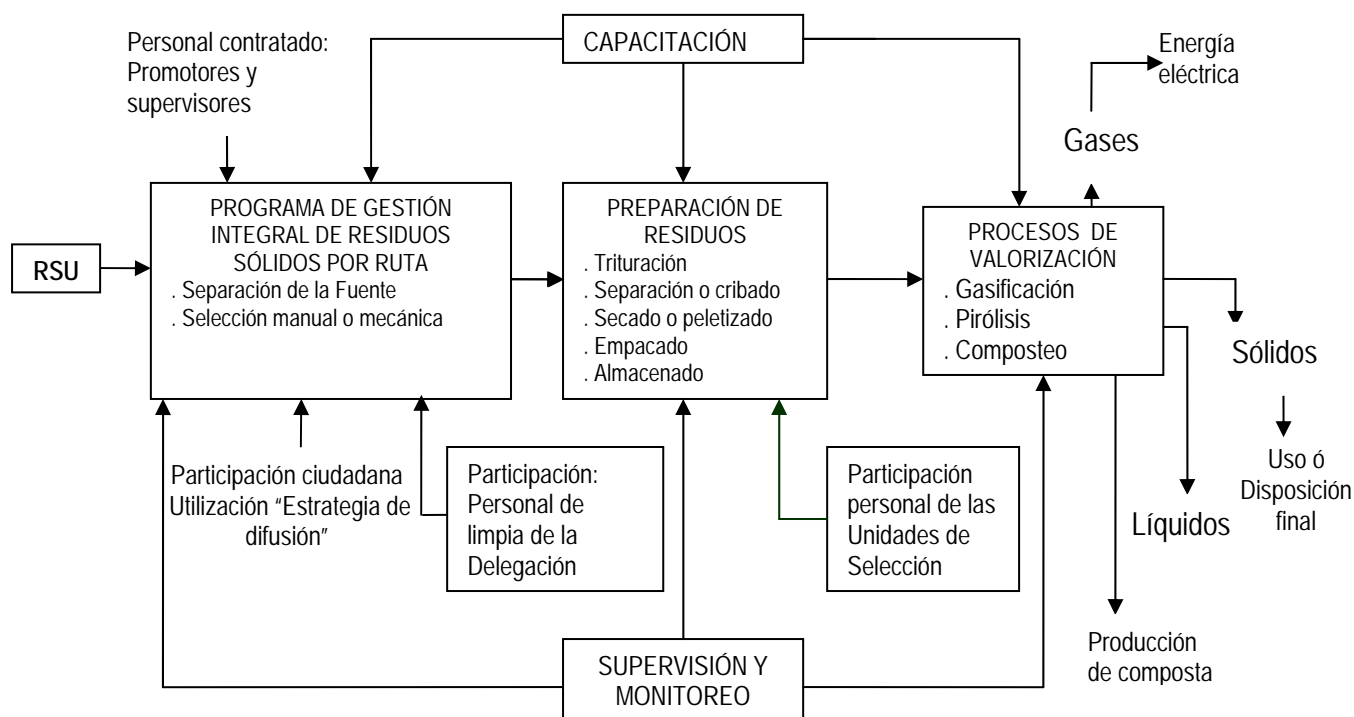
La gasificación es un proceso termoquímico mediante la combustión parcial de los residuos de APC generando un combustible rico en gas con altos contenidos de monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H₂) y algunos hidrocarburos saturados principalmente metano (CH₄). Se sostienen sin aportes externos y usan aire u oxígeno para la combustión parcial de los desechos (Tchobanoglous G. et al., 1993).

Las reacciones son reversibles, cuyas velocidades de reacción dependen de la temperatura, de la presión y de la concentración de oxígeno del reactor. El calor necesario para mantener el proceso se obtiene de las reacciones exotérmicas, mientras que los componentes de la combustión son generados principalmente por las reacciones endotérmicas (Tchobanoglous G. et al., 1993).

Por todo lo antes expuesto, podemos concluir que sí es posible la estructuración de una Propuesta de un Sistema Integral de Valorización (PSIV) de RSU y que se resume en el siguiente diagrama de bloques, como se muestra en la Figura 7.2.

³⁴ La Pirólisis y la Gasificación: Se denominan "Desecho A Energía" (DAE), WTE por las siglas en inglés waste to energy , o llamadas también de "Residuo A Energía". (Tchobanoglous G. et al., 1993).

Figura 7.2. Diagrama de la Propuesta de un Sistema Integral de Valorización (PSIV)



Fuente: Elaboración propia en base a la información que se presentó con anterioridad y los datos de campo que se presentan más adelante.

7.5. Costo por la implementación del Programa

Para tener una idea del costo del Programa, el GDF y las 16 Delegaciones gastan en operación al año \$ 1,668,703,159.00³⁵ para la recolección, el transporte y la disposición de las más de 12,000 toneladas que se generan al día en el DF. De este total, \$82,897,550.70 gastó la Delegación Azcapotzalco en 2005 para brindar el servicio de recolección a la ciudadanía.

En el Programa se gastaron en el 2005 \$2,072,438.75 que es el 2.5%, que corresponde a un porcentaje muy pequeño, en comparación de lo que destina la Delegación al servicio de recolección, entonces podemos resumir que los

³⁵ Asamblea Legislativa del Distrito federal (2004). "Decreto de presupuesto de egresos del Distrito Federal para el ejercicio fiscal 2005". Gaceta Oficial del Distrito Federal 27 de diciembre no. 138-BIS. Fuente de Internet: http://www.consejería.df.gob.mx/gaceta/pdf/diciembre04_27_138bis.pdf

Programas de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) pueden resultar auto sostenibles al corto plazo y no costosos porque conforme avanzan se pueden tener beneficios económicos, que pueden destinarse para mejorar las condiciones de la recolección.

Los \$2,072,438.75 fue el gastó de un año por difusión y supervisión del Programa, que utilizó para: la compra de materiales de difusión, apoyos por servicio social, apoyo extra por el mantenimiento de los vehículos recolectores y pago de imprevistos (tienen una partida anual para estos gastos, que no alcanza) (Programa Operativo Anual (POA) 2005, de la Delegación Azcapotzalco).

Los requerimientos de materiales e insumos, apoyos por servicio social, apoyos extras para el mantenimiento de vehículos y compra de los vehículos de doble compartimiento, se muestran en las tablas 7.14, 7.15, 7.16 y 7.17.

Tabla 7.14. Requerimientos de materiales e insumos para los promotores y los supervisores en un año

Concepto	Costo total ⁽¹⁾
1. Volantes “juntos pero revueltos”	Los volantes fueron donados por la Bimbo \$ 100,000.00
2. Carta invitación	
3. Calcomanía “YASE VISITÓ”	
4. Formatos de encuesta I y encuesta II	
5. Formatos de difusión y supervisión diaria /ruta	
6. Mapas de rutas	
7. Batas color verde	

(1) Se calculó la cantidad de materiales para un año, y se incorporaron a los gastos del Programa Operativo Anual (POA) de la Delegación Azcapotzalco.

Tabla 7.15. Requerimientos de materiales e insumos para el personal de limpia

Concepto	Cantidad (*) pza	Totales (\$)
1. Mantas (2 por camión)	280	400,000.00
2. Carteles	10,000	
3. Overoles (1 chofer y 2 peones /c)	420	
4. Guantes (1 chofer y 2 peones/c)	420	
5. Botas de plástico (1 chofer y 2 peones/c)	420	
6. Otro gastos	-----	50,000.00
Totales		\$450,000.00

(*) Se calcularon como equipamiento para el personal de limpia y se incorporaron a los gastos del Programa Operativo Anual (POA) de la Delegación. Precios del 2005 y son de mayoreo.

7. Posibles soluciones o alternativas para la valorización de los residuos sólidos

Tabla 7.16. Apoyo extra al mantenimiento de los vehículos recolectores y compra de dos vehículos, para el personal de limpia (2004-2005)

Concepto	Cantidad (*) pza	Totales \$
1. Gastos para el mantenimiento de las vehículos recolectores: compra de refacciones, arreglo de llantas, servicio de taller, gasolinas, etc.		\$900,000.00
2. Otros gastos de imprevistos		\$200,000.00
Gastos en el 2004 Totales		\$1,550,000.00 (***)
3. Compra de vehículos de doble compartimiento en el 2005 (**)	2	\$2,660,000.00
Gastos en el 2005 Totales		\$4,210,000.00

(*) Se calcularon como equipamiento para el personal de limpia y se incorporaron a los gastos del Programa Operativo Anual (POA) de la Delegación. Los precios son del 2005 y son de mayoreo para la compra de los materiales e insumos

(**) El GDF estimó un valor de \$1,300,000.00 para vehículos de doble compartimiento, donde la Asamblea Legislativa DF consideró en su Programa de Egresos del DF para el ejercicio fiscal 2005, \$70,000,000.00 para las 16 delegaciones para su compra.

(***) Se consideran los gastos de la Tabla 7.15

Se incorporaron 25 estudiantes de servicio social para apoyar la difusión y la supervisión del programa durante 4 meses y no los 6 meses, por lo que se logró su incorporación, aunque en ocasiones se llegaron a tener hasta 32. El perfil requerido: técnicos de las ramas en biología, química, ecología o carreras afines.

Horarios: Lunes a viernes 2 horas por la mañana y 2 horas por la tarde. Sábados 2 horas solamente por la mañana.

En un año se incorporaron 75, ya que en los primeros 4 meses 25 terminaron el Servicio Social y entonces hubo que incorporar otros 25 por los 4 meses siguientes, así hasta terminar el año.

Tabla 7.17. Apoyo por Servicio Social en un año (2004) (*)

Concepto	Total
32 estudiantes para difusión (3 de ellos para supervisión)	32 x \$2,000 = \$ 64,000.00 \$64,000.00 x 3 = \$192,000.00
Totales	\$192,000.00

(*) Se incorporaron a los gastos del Programa Operativo Anual (POA) de la Delegación.

Para el año 2005 la partida fue de \$447,438.75 para apoyo para servicio social, siendo el doble que en el 2004 (Programa Operativo Anual (POA), 2005 de la Delegación Azcapotzalco), donde \$200,000.00 de este total se utilizaron para materiales de difusión. Pero en octubre del 2006, se reduce el número a solo 12 integrantes, esto tuvo que ver con el cambio de la administración 2003-2006, donde la nueva administración destina menos recursos (casi a menos de la mitad).

En el 2007 y lo que va del 2008 se ha mantenido el número de 12, y como se demuestra en el Capítulo 8 se ve reflejada en porcentajes de separación bajos así como el no cumplimiento con las metas objetivo anuales de incorporación de mas colonias al programa en los años 2006, 2007 y 2008.

8. RESULTADOS

En el 2004, la Delegación instrumentó el Programa de Separación y Recolección Selectiva en 14 colonias y 2 unidades habitacionales, con los resultados que se muestran en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Número de colonias y unidades habitacionales incorporadas al Programa en 2004⁽¹⁾

No.	Colonias en el Programa y Número de habitantes		Rutas asignadas	Tipo de vehículo	Esquemas de recolección	% de Separación	Calidad de la separación
	Colonias	Hab (2)					
1	Clavería	19,159	1 (3)	a	s	86%	buena
			2,3,5,6	c	t		
2	Ángel Zimbrón	4,311	2	c	t	85%	buena
			37	c	t	65%	regular
3	Obrero Popular	5,477	4	c	t	85%	buena
4	San Salvador Xochimancas	1,525	4			85%	buena
5	Victoria de las Democracias	6,139	8	c	t	83%	buena
6	Tlatilco	5,143	10	c	t	86%	buena
7	Nueva Santa María	10,449	13 (3)	a	s	84%	buena
			11,12	c	t		
8	Hogar y Seguridad	4,349	11,12			c	t
9	San Bernabé	1,063	12	c	t	81%	buena
10	Barrio Caltongo	4,525	14	c	t	86%	buena
11	Trabajadores del Hierro	3,674	14,15	c	t	85%	buena
12	Monte Alto	5,143	15	c	t	84%	buena
13	Prohogar	14,024	15,17,18, 24	c	t	80%	regular
14	Arenal	5,081	16,19,20	c	t	85%	buena
Unidades habitacionales							
15	U.H. Hogares Ferrocarrileros	1,698	7	c	t	82%	buena
16	U.H. Cuitlahuac	5,259	7			82%	buena

Tipo de vehículo a= vehículo de doble compartimiento, b= vehículo de caja rectangular, c= vehículo de carga trasera. Esquema de separación s= separación simultánea, t= separación terciada.

(1) Fuente: Unidad de Transferencias, Servicios Urbanos de la Delegación Azcapotzalco.

(2) Fuente: INEGI 2000-2003. Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social 2001-2003, del Sistema de Información Económico, Geográfica y Estadística (SIEGE), Censo General de Población y Vivienda 2000.

(3) En el 2005, se cambió un vehículo de carga trasera por uno de doble compartimiento.

En la Tabla 8.1 se observa que el nivel socioeconómico es un factor más que favoreció a que el Programa se implantara favorablemente, por ejemplo: en las colonias Clavería, Ángel Zimbrón, Tlatilco, Nueva Santa María, de clase media, tienen un porcentaje de separación aceptable (> 80%).

Y también se puede observar que en las colonias Clavería y la Nueva Santa María el esquema de separación es simultáneo y no el terciado al implantar el Programa, esto se da porque la Dirección de Servicios Urbanos de la Delegación rediseña estas rutas y decide el cambio de los vehículos de carga trasera por dos vehículo de doble compartimiento (que adquirió en el 2005 y los destina a estas dos colonias (ver punto costo por implantación del programa), con la seguridad que al cambiar el esquema en una de sus rutas (ver la Tabla 8.1) no habría problemas en la disminución en los porcentajes de separación, ya que fueron de las primeras cuando se implantó el Programa, que lograron el porcentaje más alto de separación en el 2004; porque se requerían las unidades de carga trasera para continuar con el avance del Programa.

Por otra parte al cambiar de esquema de separación en una de sus rutas, el servicio de recolección en estas dos colonias se tiene que hacer diario, ya que son colonias consideradas grandes, Clavería tiene 19,159 habitantes aproximadamente y la Nueva Santa María tiene 10,449 habitantes aproximadamente (INEGI, 2000-2003) y ver Tabla 8.1. Otro dato más que se observa en la Tabla 8.1, que el porcentaje más alto que se consiguió fue del 86% de residuos orgánicos limpios esto quiere decir que un 14% restante queda con los residuos de bolsas de plásticos junto con los que no son aprovechables comercialmente como son: foamy (poliuretano expandido), unicel (poliestireno expandido), chicles, colillas de cigarro, entre otros mas, y por lo tanto se mandan a disposición (DGSU, 2002). Lo cierto es que parte de los residuos “no aprovechados” fueron separados por la implementación del Programa, sin embargo al irse al relleno su beneficio es nulo, cuando pudieron haber sido utilizados si se hubieran contado con los recursos necesarios y darles un destino de mejor aprovechamiento.

Sin embargo podemos concluir que en cuanto a la separación de los residuos orgánicos limpios es aceptable, cumpliendo con la calidad requerida para ser empleados en la producción de “composta”.

Si pasamos a la Tabla 8.2 muestra que en el 2005, la Delegación instrumentó el Programa de Separación y Recolección Selectiva en 27 colonias más y en 1 unidad habitacional. Dando un total 44 (con las 12 colonias y las 2 unidades habitacionales del 2004) al finalizar el 2005.

Tabla 8.2. Número de colonias y unidades habitacionales incorporadas al Programa en 2005 (1)

No.	Colonias en el Programa y Número de habitantes		Rutas asignadas	Tipo de vehículo	Esquemas de recolección	% de Separación	Calidad de la separación
	Colonias	Hab (2)					
1	Patrimonio Familiar	1,243	16	c	t	85%	buena
2	La Raza	2,066	16				
3	Ampliación del Gas	2,787	20,21	c	t	85%	buena
4	Del Gas	3,510	21, 25	c	t	82%	buena
5	Cosmopolita Ampliación	1,576	21	c	t	84%	buena
6	Cosmoplita	2,820	21				
7	Euzcadi	4,717	21,23	c	t	83%	buena
8	San Francisco Xicotitla	2,702	22				
9	Aldana	4,615	22, 76	c	t	81%	buena
10	Porvenir	2,370	22				
11	Potrero del Llano	1,546	24	c	t	75%	regular
12	Liberación	3,298	25, 76	c	t	82%	buena
13	Aguilera	2,419	25	c	t	82%	
14	Ferrería	1,532	26	c	t	82%	buena
15	Las Salinas		26				
16	Del Maestro	2,461	27, 28	c	t	70%	regular
17	San Sebastián	4,512	27	c	t	72%	
18	Libertad	1,107	27				
19	Santa María Nonoalco		27			70%	regular
20	Santa María Maninalco	8,176	29	c	t	86%	buena
21	Sind. Mex. de Electricistas	4,100	29				
22	El Recreo	8,494	30, 32	c	t	86%	buena
23	Sector Naval	1,141	31	c	t	83%	buena
			35	c	t	81%	buena
24	Electricistas		31	c	t	84%	buena
25	Benito Juárez	1,015	31			85%	buena
26	Azcapotzalco	5,350	30	c	t	85%	buena
27	Santa Lucia	2,258	33	c	t	82%	regular
Unidad habitacional							
28	U.H.Jardines de Ceylán	1,732	26	c	t	82%	buena

Tipo de vehículo a= vehículo de doble compartimiento, b= vehículo de caja rectangular, c= vehículo de carga trasera. Esquema de separación s= separación simultánea, t= separación terciada.

(1) Fuente: Unidad de Transferencias, Servicios Urbanos de la Delegación Azcapotzalco, 2007.

(2) Fuente: INEGI 2000-2003. Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social 2001-2003, del Sistema de Información Económico, Geográfica y Estadística (SIEGE), Censo General de Población y Vivienda 2000.

La calidad de la separación es aceptable como se observa en la Tabla 8.2, sin embargo tenemos algunas colonias que su porcentaje de separación disminuye, esto fue debido a que la capacidad de los camiones fue rebasada, por el aumento de los residuos separados, se sabía que no iba ser suficiente con la compra de dos camiones, pero se tuvo que hacer de esta forma, ya que era y sigue siendo importante la participación de los ciudadanos en el programa de separación, por ser ellos los generadores de residuos y por lo tanto seguir en consecuencia con la “*estrategia de difusión*” como prioridad, por su eficacia para la implantación del programa. Por lo que se *prioriza la separación de los residuos orgánicos porque ya son valorizados en la producción de composta*, y porque de los residuos inorgánicos en particular los “no aprovechados” no tienen una utilidad comercial, aún cuando son separados por la aplicación del programa entonces tienen que ser dispuestos al relleno.

Para el 2006, solo se avanzó en 26 colonias como se muestra en la Tabla 8.3, no se cumplió con la meta objetivo de 41 colonias según el esquema de expansión del Programa (ver Tabla 7.2), y el porcentaje de separación fue bajo en la mayoría de las colonias, esto fue motivado por varias razones, que mencionaré y son las siguientes:

1. Cambio de la administración a cargo del Programa porque su duración es de 3 años.
2. La nueva Administración (2006-2009), decide los cambios sin conocer los alcances del Programa y su importancia.
3. A consecuencia de la priorización y programación de los gastos de la nueva administración, se decide reducir el grupo de 25 estudiantes de servicio social encargados de la difusión y supervisión del Programa, a solo 12.

Tabla 8.3. Número de colonias y unidades habitacionales incorporadas al Programa en el 2006 (1)

No.	Colonias en el Programa y Número de habitantes		Rutas asignadas	Tipo de vehículo	Esquemas de recolección	% de Separación	Calidad de la separación
	Colonias	Hab (2)					
1	Álvaro		1,3	a	s	60%	mala
2	Santo Tomás	3,349	28	c	t	50%	mala
3	Plenitud	4,255	33, 35	c	t	81%	buena
			35-B	c	t	50%	mala
4	Azcapotzalco	5,350	35-B			50%	mala
			37	c	t	65%	mala
5	Santa Apolonia	4,196	35	c	t	80%	regular
			35-B	c	t	50%	mala
7	Santa Cruz Acayucan	1.347	36	c	t	65%	mala
8	San Francisco Tetecala	2,999	36			65%	mala
9	Barrio Nextengo	2,149	37	c	t	65%	mala
10	Reynosa	7,751	38	c	t	79%	regular
			42	c	t	82%	buena
11	Santa Bárbara	6,201	39	c	t	50%	mala
12	San Andrés	6,686	40,42	c	t	82%	buena
13	Santa Catarina	2,496	40	c	t	82%	buena
14	San Marcos	4,971	41			70%	regular
15	Los Reyes	1,369	41	c	t	70%	
16	San Simón		41			70%	
17	Barrio La Pitolo		41			70%	
18	Santo domingo	5,276	44	c	t	40%	mala
			52,77	c	t	80%	regular
19	Santiago Ahuizotla	11,186	45			86%	buena
20	San Pedro Xalpa	8,936	45	c	t	82%	buena
21	San Pedro Xalpa Pueblo		45			82%	
23	La Preciosa	4,203	52	c	t	80%	regular
24	San Mateo	1,459	52				
25	Petrolera	4,925	53	c	t	40%	mala
26	San Antonio	7,024	55	c	t	40%	mala
27	San Martín Xochinahuac	3,217	57	c	t	70%	regular
28	Santa Inés	4,052	58	c	t	40%	mala
			59			79%	regular
29	Pastores	8,103	58	c	t	40%	mala
30	Nueva España	2,230	59	c	t	79%	regular
31	Nueva Rosario		59			79%	regular
32	Tezozomoc	9,250	61	c	t	81%	buena
33	Tierra Nueva	3,428	64-B	c	t	20%	mala
34	Jardín Azpeitia	2,559	9			50%	mala
35	San Sebastián		9	b	t	50%	
Unidad Habitacional							
36	El Jaguey U.H. Pantaco	3,414	9	c	t	50%	

Tipo de vehículo a= vehículo de doble compartimento, b= vehículo de caja rectangular, c= vehículo de carga trasera. Esquema de separación s= separación simultánea, t= separación terciada.

(1) Fuente: Unidad de Transferencias, Servicios Urbanos de la Delegación Azcapotzalco, 2007

(2) Fuente: INEGI 2000-2003. Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social 2001-2003, del Sistema de Información Económico, Geográfica y Estadística (SIEGE), Censo General de Población y Vivienda 2000.

Sin embargo si revisamos los datos de la Tabla 8.4, tenemos que en el 2005, el programa obtuvo resultados muy importantes, por decirlo de alguna manera, fue el mejor año de la administración 2003-2006. En el 2005 el grupo era de 25 integrantes, 5 supervisores y 20 promotores encargados de la difusión y la supervisión, esto definitivamente permitió el avance del Programa, de hecho al mes de haberse iniciado (enero del 2004), se tuvieron resultados inmediatos y que fueron notorios en el 2005.

En la Tabla 8.4 se observa también que al disminuir los recursos en los años 2006 y 2007, que se reflejan en bajos porcentajes de separación, no son los resultados esperados, según los esquemas de expansión del Programa de Separación y Recolección Selectiva (ver las Tablas 7.2 y 7.3), aún cuando los valores de inorgánicos sean mayores en el 2006, se deben a las colonias incorporadas al Programa en el 2004 y el 2005.

Tabla 8.4. Separación de orgánicos e inorgánicos, meses de noviembre del 2004 al 2007

Años de aplicación del Programa	2004	2005	2006	2007
No. de rutas en separación	21	17	4	0
No. de rutas acumuladas	0	38	42	42
No. de colonias en separación	14	26	0	0
No. de colonias acumuladas	0	40	40	40
No. de Unidades Habitacionales	2	2	0	0
No. de Unidades Habitacionales acumuladas	0	4	4	4
No. de supervisores (*)	5	5	2 (***)	2
No. de promotores	20	20	10 (***)	10
Orgánicos ton/mes (*)	240.6	424.9	349.5	154.6
Inorgánicos ton/mes (*)	568.4	1,128.1	1,454.2	595.8
Mezclados ton/mes	47.1	162.3	66.1	178.1
Total	856.1	1,715.3	1,869.8	928.4
Residuos de alto poder calórico(**)	219.97	436.57	562.77	230.57

(*) Hay que sumar los residuos separados de los generadores de alto volumen que contratan los servicios particulares, de los hospitales que tienen un manejo aparte y de las escuelas que entregan a organizaciones que canjean por objetos útiles y mejoras de la escuelas. (**) Se determinó según la estimación que aparece en la Tabla 7.11. (Careaga J, 1997). (***) Se redujo su número en octubre del 2006.

Fuente: Unidad Departamental de Residuos Sólidos, Dirección General de Servicios Urbanos, Delegación Azcapotzalco, 2008

Entonces el avance es solo en 40 colonias y 4 unidades habitaciones que están separando de un total de 90 colonias, dando un 50%. Este porcentaje es por número de colonia, pero si lo vemos por porcentaje de generación de residuos, se tiene un porcentaje apenas del 25% de un total de 18,000 ton/mes (DGSU, 2002). Este sucede porque de las colonias y las unidades habitaciones mencionadas son en su mayoría chicas de nivel medio bajo (1000 a 5000 habitantes) y solo algunas son grandes de nivel medio (10,000 a 20,000 habitantes) y porque del 50% restante que faltan por incorporarse al Programa, se encuentra la unidad habitación “El Rosario” que es la más grande en Latinoamérica (50,000 habitantes) y Ampliación San Pedro Xalpa (20,992 habitantes)³⁶ correspondiendo al 75% de la generación de residuos.

Podemos concluir que el Programa se ha mantenido en este porcentaje, porque en las 40 colonias y las 4 unidades habitaciones se continúan separando los residuos con porcentajes de separación aceptables (mayores al 80%). La difusión y la supervisión del programa deben entonces mantenerse, para asegurar que el programa siga adelante, ya que falta un 50% más para la incorporación de la totalidad de la población en la Delegación Azcapotzalco.

La Tabla 8.5 nos muestra el avance anual en la instrumentación de colonias con separación y recolección selectiva en las 16 delegaciones, y como se observa, la Delegación Azcapotzalco fue la única, que llevó a cabo una gestión de los residuos sólidos efectiva.

³⁶INEGI 2000-2003. Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social 2001-2003, del Sistema de Información Económico, Geográfica y Estadística (SIEGE), Censo General de Población y Vivienda 2000.

Tabla 8.5. Avance anual en la instrumentación de colonias con separación y recolección selectiva por Delegación Política en el DF (2004-2006) (*)

Delegación	Colonias	2004			2005				2006			
		Meta		A (1)	Meta		A(1)	Acum (2)	Meta		A(1)	Acum (2)
	Totales	min	obj		min	obj			min	obj		
Álvaro Obregón	298	15	30	4	45	75	32	36	89	134	0	36
Azcapotzalco	90	5	9	16	14	23	28	44	27	41	26	70
Benito Juárez	56	3	6	9	8	14	9	18	17	25	0	18
Coyoacán	126	6	13	0	19	32	20	20	38	57	1	21
Cuajimalpa ²	52	3	5	41	8	13	0	34	16	23	0	23
Cuauhtémoc	34	2	3	21	5	9	4	25	10	15	0	25
Gustavo A. Madero	182	9	18	6	27	46	13	19	55	82	34	53
Iztacalco	36	2	4	1	5	9	2	3	11	16	3	6
Iztapalapa	214	11	21	0	32	54	0	0	64	96	39	39
Magdalena Contreras	47	2	4	8	7	12	0	8	14	21	0	8
Miguel Hidalgo	88	4	9	7	13	22	2	9	26	40	0	9
Milpa Alta	29	1	3	2	4	7	10	12	9	13	2	14
Tláhuac	84	4	8	4	13	21	6	10	25	38	2	12
Tlalpan	198	10	20	12	30	50	18	30	59	89	6	36
Venustiano Carranza	72	4	7	10	11	18	3	13	22	32	0	13
Xochimilco	99	5	10	22	15	25	12	34	30	45	0	34
Totales	1705	86	171	163	256	430	152	315	512	767	102	417

(1) A= Avance (2) Acum.= Acumulado

(*) Fuente Inventario de Residuos Sólidos del DF 2006, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del DF

Otro de los resultados del Programa es la obtención de residuos orgánicos limpios con la calidad requerida para la elaboración de “composta”. La producción de composta inicia en septiembre del 2005, que fue el año de los mejores resultados de esa administración y que se logró gracias a que ya se tenían 14 colonias y 2 unidades habitacionales separando los residuos, y que se incrementó con 28 colonias más, con un avance de colonias acumuladas de 40 y 4 unidades habitacionales como se muestra en las tablas 8.1 y 8.2.

La “composta” es de una calidad tal, que se utiliza como mejorador de suelos en los parques y jardines de la Delegación, ya que se enriqueció con los residuos orgánicos domiciliarios, porque ya no son solo residuos de la jardinería, de la tala y la poda. La cual se seguirá produciendo porque el Programa si bien no ha incorporado más colonias, las que están separando permiten la generación mensual de residuos orgánicos limpios como se muestra en la Tabla 8.4.

Para apoyar la difusión del Programa, al ciudadano que participa se le da una bolsa de medio kilogramo de “composta”, ya que es el resultado de un esfuerzo conjunto, tanto de la Delegación, los promotores del programa, los trabajadores de limpia y de los ciudadanos mismos.

También se incrementó el porcentaje de separación de residuos plásticos reciclables con valor comercial principalmente del polietilén tereftalato (PET), polietileno, poliestireno, cartón y papel etc. y de los residuos “no aprovechados”, que de utilizarse éstos últimos como generadores de energía en procesos térmicos (como se ilustró en el Capítulo 7), se les daría un valor comercial que se traduciría en más recursos para mejorar las condiciones del sistema de recolección en esta Delegación en un plazo más corto.

Haciendo una estimación de residuos de *alto poder calorífico* (APC) de los residuos inorgánicos del mes de noviembre del 2005. Se tienen 1,128.10 toneladas/mes de la generación de residuos inorgánicos. Y si tomamos el dato de 38.70% de residuos de alto poder calorífico (APC) como se muestra en la Tabla 7.11 (Careaga J, 1997) tenemos que:

$$(1,128.10 \text{ ton/mes inorgánicos})(0.3870) = 436.57 \text{ ton/mes de residuos de APC}$$

Con esta generación de residuos de (APC) todavía no alcanzaría para justificar el diseño de un proceso de pirólisis y/o proceso de gasificación, pero recordemos que se ha avanzado solo un 25% del Programa, pero en un 50% de avance equivaldría casi al doble 873.14 ton/mes (29,10 ton/día) y si se sigue avanzando en consecuencia se tendría un incremento de residuos de APC, de tal forma que en un momento dado resulte rentable su aplicación. Por la importancia que reviste la posibilidad de producir gas de síntesis para la generación de energía eléctrica como producto principal, y en este sentido se tendría la estructuración de un Sistema Integral de Valorización de RSU en esta Delegación, en el que incluya no solo los residuos orgánicos limpios obtenidos, que ya los están valorizando al

producir composta, sino que también se estarían valorizando los residuos “no aprovechados” como generadores de energía.

Otra prueba más del éxito del programa fue la labor de convencimiento que realizaron los chóferes en la incorporación de los mercados en su ruta y que se logró porque trabajaron de forma coordinada con los supervisores del programa, siendo notorio en el 2005. Aún cuando los procedimientos claramente especifican que la administración de cada mercado (SMA, 2004), será la encargada de difundir y supervisar el Programa y no de los chóferes, esto demuestra que se logró el objetivo, despertar el interés y el involucramiento por el personal de limpia.

Los mercados incorporados al programa hasta septiembre del 2008 son 11: Clavería y Obrero Popular con un 90% de separación de orgánicos limpios, Tlatilco, Benito Juárez, Azcapotzalco y Nueva Santa María separan arriba del 60% y los restantes es apenas del 40%³⁷. Estos resultados reflejan que al suspender la supervisión bajaron los porcentajes de separación.

En cuanto a su generación, el mercado de Clavería produce 900 kg/día de residuos recuperándose casi 800 kg/día de residuos orgánicos limpios y el Mercado Obrero Popular produce 1000 kg/día recuperándose 900 kg/día de residuos orgánicos limpios que son composteados, esto debido a que la supervisión se ha mantenido. En cuanto a los residuos de los restantes, son dispuestos al relleno porque los porcentajes de separación son bajos, no siendo recomendables para llevarlos a la producción de composta, derivado como ya se dijo, a que ya no son supervisados.

Así mismo, hasta el 2008 se han incorporado al programa de separación 164 escuelas de nivel pre-escolar, primaria, secundaria, medio y superior, de un total de 300 (194 públicas y 106 privadas). Son residuos muy definidos porque se trata de reciclables en un porcentaje importante como: vidrio, tetrapak, papel y cartón, envases y empaques de plástico y en menor cantidad los orgánicos.

³⁷ Información proporcionada por la Jefatura de Residuos Sólidos de la Delegación, Azcapotzalco

La Delegación solo ofrece el servicio a las escuelas públicas, sin embargo la capacitación se brinda a todas, es decir, públicas y privadas. Por lo que las 106 escuelas privadas al entrar al Programa de separación han buscado el canjear sus residuos con empresas dedicadas a la compra de reciclables a cambio de artículos de utilidad para los niños y mejoras a sus escuelas, entonces son residuos que ya no son entregados a la Delegación, en particular las 68 de pre-escolar privados y las 58 de pres-escolar públicas, son residuos que casi en su totalidad van al reciclamiento por esta vía.

Aunque de los residuos separados no se conoce con certeza su generación es un hecho que el Programa tiene un avance real e importante en las escuelas, porque se observa en el aumento progresivo de los residuos limpios que intercambian por útiles para los niños o para mejoras de los planteles, cumpliéndose entonces el objetivo de la Delegación que las escuelas separen sus residuos.

Sin embargo, la Delegación pretende recuperar los residuos de estas escuelas en la próxima administración (2009-2012), por ser ella quien se encargó de su incorporación al Programa, en este sentido hará intercambio de beneficios tanto en especie como de mejoras a las escuelas (previa firma de convenio). Para ello iniciará para el 2009 la capacitación de 13 estudiantes de servicio social de la carrera Técnicos en Ecología o Laboratoristas (Vocacional No. 6 del Instituto Politécnico Nacional), que estarán a cargo de la Subdirección de Fomento Económico y Desarrollo Sustentable (adscrita a la Dirección General de Desarrollo Económico), ya que es la encargada de realizar la difusión del programa en las escuelas y aunque trabajan de forma coordinada con la Jefatura de Residuos Sólidos, de la Subdirección de Limpia, Rutas y Manejo de Desechos Orgánicos e Inorgánicos (adscrita a la Dirección de General de Servicios Urbanos de la Delegación), esta última es la responsable de la “estrategia de difusión” dirigida a los ciudadanos, siéndolo en sí de la operatividad del Programa.

Para el caso de los centros de salud, al generar residuos biológico-infecciosos se debe contratar empresas autorizadas por la Secretaría del Medio Ambiente para

su manejo adecuado, que se encargan del manejo incluso de los residuos reciclables. La Delegación solo recoge los reciclables de algunos centros de salud, por lo que no se tiene un dato completo de la generación de los 17 centros de salud más importantes.

La Delegación no cuenta con los recursos suficientes para el seguimiento de la aplicación del Plan de manejo en los centros de salud, aunque no descartan la búsqueda de cómo hacerlo en la próxima administración, ya que están convencidos que la aplicación de Programas de Gestión son la mejor vía para resolver el problema de los RSU.

En cuanto a los edificios públicos la Delegación se encarga de la difusión y capacitación, con personal de la Subdirección de Fomento Económico y Desarrollo Sustentable. La generación que tienen es de reciclables como papel y cartón principalmente y envases de PET y en menor cantidad vidrio, metal y material orgánico. La recolección de los residuos separados se encarga personal de la Subdirección de Limpia, Rutas y Manejo de Desechos Orgánicos e Inorgánicos (adscrita a la Dirección de General de Servicios Urbanos de la Delegación).

En cuanto a los volúmenes generados es con base a la estimación de 50 personas por día y por 5 días de la semana (lunes a viernes), que refiere los siguientes resultados: 6.5 a 7 kg de envases de PET, 2 a 3 kg/ de vidrio, 1.5 a 2 kg de residuos de comida y de café, y fueron los únicos datos que pudieron ser monitoreados durante 2 meses en áreas administrativas delegacionales (ver Apéndice B).

9. CONCLUSIONES

1. El Programa puede implementarse en otras delegaciones, debido a su versatilidad, y su bajo costo, comparado con lo que se gastan al año las delegaciones por la recolección, además permitiría ir integrando la información necesaria para la elaboración del diagnóstico detallado del segmento poblacional de interés, tan importante para la planeación efectiva para cada zona.

2. La difusión y supervisión deben de considerarse, ya que fueron fundamentales para su avance. Luego entonces se debe retomar la supervisión del Programa, si se quiere garantizar la reducción de los residuos mezclados así como su recuperación, ya que en el 2005 se tuvieron logros importantes, uno de ellos fue el inicio de la producción de composta en septiembre y fue el año donde se alcanzaron los valores más altos de generación de orgánicos limpios, de reciclables y de los residuos “no aprovechados”. Si se compara con el 2006, donde se registraron porcentajes bajos de separación por rutas no supervisadas y por consiguiente no se cumplieron con las metas objetivo de 2006, 2007 y 2008.

3. La implementación del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), que llevó a cabo la Delegación Azcapotzalco (2003-2006), fue buena porque se logró la participación activa de los ciudadanos, sin embargo no fue rentable debido a la falta de los recursos, aún cuando se alcanzaron porcentajes de separación aceptables de residuos limpios (mayores al 80%). Cumple con las condiciones para lograr la implementación de procesos de valorización, por lo tanto es recomendable su evaluación.

4. La incorporación del PGIRS como se muestra en este documento, permite una recuperación importante de aquellos residuos “no aprovechados” con alto poder calorífico (APC), que corresponden al 8.30% del total de los RSU (Careaga J, 1997), esto permite tener una reducción importante de los mismos y en consecuencia, se alargaría la vida útil del relleno sanitario dándole un grado de

sustentabilidad. Mediante la generación de energía eléctrica como uso principal, así como el aprovechamiento de los productos secundarios generados como materia prima para ser utilizados en otros procesos.

5. Podemos resumir, que de acuerdo al Programa de Separación y Recolección Selectiva se podrían recuperar aproximadamente el 42% de residuos orgánicos limpios para ser composteados; otros 38.70% de residuos de alto poder calorífico (APC) como generadores de energía; así como un aumento en el porcentaje de los materiales reciclables.

10 RECOMENDACIONES

1. Dado el alcance de los resultados en campo del esquema de separación y recolección selectiva aplicado por la Delegación Azcapotzalco; la Secretaría del Medio Ambiente del GDF, a través de la Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental del Agua, Suelo y Residuos recomienda en el 2005 considerarlo como base para su aplicación a las demás delegaciones del DF (SMA, 2007-2008).
2. Es recomendable buscar los mecanismos legales para el manejo de los residuos considerados peligrosos aparte de los RSU, en el sentido que, durante la aplicación de éste Programa, son separados en la ruta, lo que ha resultado en un avance; donde la LRSDF los clasifica de manejo especial (Art. 3º. fracc. XXX, LRSDF, 2003). Por lo que la Delegación desde hace tiempo maneja puntos de recolección en su demarcación para las pilas, así como para los celulares.
3. El Programa demostró su efectividad en muy poco tiempo, lo prueban los resultados obtenidos en el 2004 y 2005. Por lo tanto es muy conveniente avanzar en las colonias que faltan en la Delegación de Azcapotzalco, donde la Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental del Agua, Suelo y Residuos (Adscrita a la Secretaría del Medio Ambiente del GDF) convencida por los resultados obtenidos en esta Delegación (que es la primera en aplicarlo), ya lo están difundiendo a las demás delegaciones para que lo implementen.
4. Como una de las líneas de acción del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM), está considerada la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos para su mejor aprovechamiento y la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), así como su reciclado y el reuso de los mismos (SMA, 2008-2012), esto derivado de los resultados obtenidos; por lo que es recomendable continuar con la aplicación del Programa a las demás delegaciones. Ya que desde el 2005, se reporta una recuperación importante de residuos inorgánicos con alto poder calorífico (APC) considerados “no aprovechados” (ver Tabla 8.4), lo que ha llamado el interés del GDF para su

utilización en procesos térmicos para la generación de energía eléctrica³⁸ que se consideran en el PACCM.

5. En noviembre del 2005, se obtuvieron 1,128.10 ton/mes de residuos inorgánicos de los cuales el 38.70% (436.57 ton/mes) son residuos de APC (Tabla 8.4), al implementar el Programa de Separación y Recolección Selectiva de Azcapotzalco (se tiene un avance del 25%). Lo que nos hace suponer que al término de la aplicación del programa tengamos un incremento de residuos de APC, haciendo notar que de las 436.57 ton/día el 21.44% son plásticos mezclados (ver APÉNDICE C) y comercialmente no son de interés, por lo tanto son considerados residuos “no aprovechados”, siendo entonces muy recomendable valorizarlos mediante la aplicación de procesos de termólisis³⁹ para su recuperación óptima, ya que no es descartable en un momento dado lograr su rentabilidad, si se sigue avanzando con el Programa.

³⁸ Por lo que es conveniente mencionar el estudio de Steeping Forward (European Commission, 2003) donde se determinó que la energía recuperable es de 2,148 a 2,270 kcal/kg (9 a 9.5 MJ/kg) (ver la Tabla 7.12) cuando los residuos no se separan, y de 4,421 a 4,470 kcal/kg (18.5 a 18.7 MJ/kg) cuando la fracción de alto poder calorífico (APC) se separa y se seca, en este caso el poder calorífico aumenta casi en 100 %, por lo tanto es muy recomendable, si se retiran los subproductos con bajo poder calorífico y con alto contenido de humedad (como la materia orgánica biodegradable) para que se incremente su poder calorífico.

³⁹De acuerdo con Minet (European Commission, 2003), los residuos con un poder calorífico de 2,556 kcal/kg (14.9 MJ/kg), se asume una generación convencional de energía eléctrica, bajo la premisa que los residuos orgánicos no biodegradables de APC fueron sometidos a procesos de pirólisis o gasificación, se tiene por lo tanto una eficiencia del 35% y con 2.5 % de pérdidas en la red de distribución, se puede generar 1.42 kW.h/kg (5.1 MJ/kg)

BIBLIOGRAFÍA

1. **Acurio, G.; Rossin, A; Teixeira, P.F.; Zepeda, F. (1997).** *Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.* Washington D.C. BID, OPS/OMS. 1997. pp. 13.
2. **AMCRESPAC e INE-SEMARNAP (1996).** *Residuos Sólidos en Áreas Urbanas.* AMCRESPAC e Instituto Nacional de Ecología- Secretaría Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF 1996.
3. **Asamblea Legislativa del DF (2004).** “Decreto de presupuesto de egresos del DF para el ejercicio fiscal 2005”. Gaceta oficial del Distrito Federal, 27 de diciembre No. 138-Bis.

http://www.consejeria.df.gob.mx/gaceta/pdf/diciembre04_27_138bis.pdf (consultada enero 2009)
4. **Blanco, Rafael (1997).** *Plástico.* Reciclaje de los residuos sólidos municipales. Editores Claudia Hernández Fernández y Simón González Martínez. Coordinación de la Investigación Científica. Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA), UNAM. México. Pág. 74, 84 al 89.
5. **Borner, J., Klöpping T., (2003).** *El desarrollo de la gestión de los residuos sólidos en Alemania y posibles escenarios para la gestión participativa de residuos sólidos en Santiago de Chile.* Organización Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung gGmbH. Alemania, 2003.
6. **Careaga Juan A. (1997).** *El reciclaje en el contexto del manejo integral de los residuos sólidos.* Reciclaje de los residuos sólidos municipales. Editores Claudia Hernández Fernández y Simón González Martínez. Coordinación de la Investigación Científica. Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA), UNAM. México. Pág. 30-32.
7. **Corona R. A. (2000).** “Economía Ecológica: una metodología para la sustentabilidad”. 1ra. Ed. Noviembre, pág. 101-102.
8. **DLE (1992).** Diccionario de la Lengua Española. Vigésima primera edición. Real Academia Española. Madrid, 1992.

-
9. **DGSU (2002)**. Dirección Técnica de Desechos Sólidos. Dirección General de Servicios Urbanos GDF. Secretaría de Obras y Servicios del GDF. México, D.F. 2002.
 10. **DEFRA (2005)**. Advanced Thermal Treatment of Municipal Solid Waste. Waste Implementation Programme - New Technologies. Department for Environment, Food and Rural Affairs. United Kingdom.
 11. **European Commission (2003)**. Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectivas (b4-3040/2000/306517/mar/e3). Final report. July 2003, 229pp. Formato en PDF. [http:// Europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/rdf.pdf](http://Europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/rdf.pdf)
 12. **INEGI (2001)**. Tabulados Básicos Nacionales y por Entidad Federativa. Base de datos tabulados de la muestra censal. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000 Ags. México, 2001
 13. **INEGI (2000-2003)**. Programa Integrado Territorial para el Desarrollo Social, Sistema de Información Económico, Geográfica y Estadística (SIEGE). Censo General de Población y Vivienda 2000.
 14. **INEGI (1999)**. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1998, México, DF. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
 15. **INE-SEMARNAT (1990-2002)**. *Inventario Nacional de los Gases de Efecto Invernadero*. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, 1990.
 16. **Kumar S. (2000)**. Technology options for municipal solid waste-to-energy proyect. TIMES (TERI information Monitor on Environmental Science). Volume 5, Number 1 (June 2000). 1-11p
 17. **LADF (2000)**. Ley Ambiental del Distrito Federal. México, DF. 2000. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 13 de enero.
 18. **Lee G. Fred and Jones-Lee Anne (2003)**. Closed landfill cover space reuse: park, golf course or a tomb? G. Fred Lee & Associates. El Macero, California.
 19. **Leidner Jacob (1981)**. Plastics Waste, Recovery of Economic Value. Marcel Dekker, Inc. (edit). USA, 1981. 317p.

-
20. **LGEEPA (1988)**. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México, 1998, México, DF. Publicada en el Diario Oficial de la Federación (GDF) el 28 de enero, se incorporaron las modificaciones publicadas en la fecha 7 de enero de 2000.
 21. **LGPGIR (2003)**. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos México, 2003. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre.
 22. **LRSDF (2003)**. Ley de Residuos Sólidos del DF. México, DF. 2003. Publicada el 22 de abril de 2003 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal y en el Diario Oficial de la Federación. 26 pp.
 23. **Martínez Alier, J. y Roca Jusmet, J. (2001)**. “Economía ecológica y política ambiental”, 2da. Edit. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pág. 51.
 24. **Monroy, S. (2006)**. “*Los residuos sólidos en el Distrito Federal una propuesta de aprovechamiento*”. Tesis de maestría. Fac. Economía, UNAM. México págs. 81-82.
 25. **NMX-E-232-SCFI-1999**. Industria del Plástico – Reciclado de plásticos – Simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico – Nomenclatura. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1999.
 26. **NOM-083-SEMARNAT-1996**. *Norma Oficial Mexicana NOM-083-1996*, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. Diario Oficial de la Federación 25 de noviembre de 1996.
 27. **Pearce, D. (1985)**. Economía Ambiental. México, FCE. pág. 82
 28. **Pellaumil, Karine (2001)**. Waste management methods. Friends of the Earth. <http://www.foe.co.uk>. Last modified: 24 April 2001
 29. **PGIRS (2004-2008)**. Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente GDF, México, D.F. Octubre 2004.

-
30. **Reynolds A., Legoy Ph., Sweeney A. (2002).** *Waste to energy strategy and approach for Ireland.* 10th Annual North American Waste to Energy Conference Refractory. May 2002. Pennsylvania. USA. Report NAWTEC10-1009.
 31. **Saldívar V. Américo, (Coord) (1998).** “De la Economía Ambiental al Desarrollo Sustentable (alternativa frente a la gestión ambiental)”. Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA), UNAM, México, DF Cap 2, pág. 75
 32. **SEDESOL (1998).** Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos (COMETAH). *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México.* México, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, 13 de marzo de 1998, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1 de marzo de 1999, págs. 19-20.
 33. **SEMARNAT (1999).** Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos. Instituto Nacional de Ecología – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes. Primera Edición. México, 1999. 235 p.
 34. **SMA (2008-2012).** *Gestión y operación eficiente del sistema de manejo de residuos.* Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM), Secretaría del Medio Ambiente del DF. México, Primera Edición, 2008. págs. 8, 61,62, 63, 99 a la 102.
 35. **SMA (2007-2008).** “Residuos Sólidos”, *Agenda Ambiental de la Ciudad de México,* Secretaría del Medio Ambiente. México, D.F. Cap. 8 pág. 106-134.
 36. **SMA (2006).** *Inventario de Residuos Sólidos del DF 2006,* Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental del Agua, Suelo y Residuos. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del DF. México, 2006.
 37. **SMA (2004).** *Plan de Manejo de Residuos Sólidos.* Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental del Agua, Suelo y Residuos, Secretaría del Medio Ambiente, Junio. México, D.F. 16 p.
 38. **Stiglitz, Joseph E., (1986).** *La Economía del Sector Público,* 3ra. Edición Antonio Busch Editores. Barcelona, España, pág. 95, 150-155.
 39. **Tchobanoglous, G., Theisen H., Vigil S. (1993).** Gestión integral de residuos sólidos McGraw Hill Volumen I y II. España. 1993. 1107 p.

40. **US-EPA (2003)**. *Municipal solid waste in the United States; 2001 Facts and Figures*. Office of Solid Waste and Emergency Response, United States - Environmental Protection Agency EPA 530-S-03-011. October, 2003, 16p.

APÉNDICE A1. Encuesta I



**ENCUESTA I
PRIMERA VISITA
PROGRAMA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL
DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Colonia: _____

Nombre del Promotor: _____

Grupo: _____

Fecha de levantamiento de la encuesta: _____

Nombre del Coordinador: _____

Ruta	Dirección	Tipo de vivienda	No. de personas por vivienda	Conoce usted la Ley?	Está dispuesto a cumplirla	Observa

Firma y nombre del Supervisor

APÉNDICE A2. Encuesta II



**SEGUNDA VISITA
PROGRAMA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**



DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO

Colonia: _____
 Nombre del Promotor: _____
 Grupo: _____
 Fecha de levantamiento de la encuesta: _____
 Nombre del Coordinador: _____

Ruta	Dirección	Problemas de Recolección	Recolección Simultánea	Recolección Terciaria	Observaciones

Nombre y Firma del Supervisor

APÉNDICE A3. Formato de difusión diaria por ruta



DIFUSIÓN DIARIA POR RUTA PROGRAMA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO

Número de la Ruta: _____	Hora de difusión: _____
Nombre de la ruta: _____	Fecha de difusión: _____
Nombre del Responsable de la ruta: _____	Tiempo empleado para la difusión: _____
Nombre del Promotor: _____	Observaciones: _____

¿Cuántos edificios públicos encontraste en la ruta y cuales son? _____

¿Cuántas escuelas encontraste en la ruta y cuales son? _____

¿Cuántos mercados encontraste sobre la ruta y cuales son? _____

¿Cuántas viviendas se visitaron? _____

Registro de material utilizado en la 1ra., 2da. y 3ra. visita

Número de cartas firmadas por la delegada entregadas: _____

Número de encuestas realizadas: _____

Número de volantes repartidos: _____

Número de pegotes utilizados: _____

COMENTARIOS DEL SUPERVISOR

Nombre del Supervisor _____

APÉNDICE A4. Formato supervisión diaria por ruta



SUPERVISIÓN DIARIA POR RUTA PROGRAMA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS



DELEGACIÓN AZCAPOTZALCO

<p>Número de la Ruta: _____ Nombre de la ruta: _____ Nombre del Responsable de la ruta: _____ Nombre del Promotor: _____ _____</p>	<p>Hora de supervisión: _____ Fecha de Supervisión: _____</p> <p>Apoyo de comodín para recolecta de orgánicos Si () No ()</p>
<p>Número de personal ocupado para la separación por ruta: Chofer _____ Peón _____ Voluntarios _____ Tiempo en que realizan la separación por ruta: Tiempo de inicio: _____ Tiempo de término: _____ Número de ciudadanos que separan los residuos: _____ Cuántas colonias atendieron sobre la ruta y Cuales son: _____ _____ _____</p> <p>Número de ciudadanos que no separan los residuos: _____ Número de ciudadanos que no se enteraron del Programa: _____ Eficiencia en la separación: Buena () Regular () Mala () Número de carritos de recolecta de residuos en la ruta: _____ Eficiencia en la separación del carrito: Buena () Regular () Mala ()</p>	<p>Observaciones:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>Registro de material utilizado Número de cartas personalizadas entregadas: _____ Número de volantes repartidos: _____ Anotar lo que no alcance a escribir en los espacios anteriores</p> <p>COMENTARIOS DEL SUPERVISOR</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Nombre y Firma del Supervisor

APÉNDICE B. Monitoreo en áreas de trabajo de los edificios públicos (Delegación Álvaro Obregón).

Monitoreo realizado por la Dirección de Preservación y Conservación del Medio Ambiente de la Delegación Álvaro Obregón. México, DF, junio– agosto, 2005. Donde se consideraron características de los residuos (observadas durante el monitoreo), comportamiento de los módulos de separación⁴⁰, generación de los residuos y un punto más de observaciones.

Sitio de monitoreo: las áreas administrativas de la Dirección General de Obras y Desarrollo Urbano, Delegación Álvaro Obregón.

Módulos de separación: 1 contenedor de orgánicos de color verde y 1 contenedor de inorgánicos de color gris, ambos rotulados.

Para la recolección de las botellas de poli etilén tereftalato (PET), se instalaron dos tambos en las dos entradas principales, de color naranja rotulados. Para el manejo de papel se utilizaron las papeleras, que después se recolectan en cajas rotuladas, manejo que ya venían haciendo por la retribución de un recurso económico y que por lo tanto no fue posible involucrarnos del todo

No. Módulos instalados: 10

Tiempo de monitoreo: 2 meses de 7:00 a las 10:00 de lunes a viernes y se cambio de las 12:00 a las 15:00 horas porque la mayor afluencia se da hasta las 15:00 horas.

Tabla B1. Registro de módulos en las áreas administrativas

No.	Módulos de separación	Área de Ubicación
1	Modulo 1	Obras viales
2	Módulo 2	Obras viales
3	Módulo 3	Operación Hidráulica
4	Módulo 4	Control Administrativo
5	Módulo 5	Rehabilitación de Taludes
6	Módulo 6	Dirección de Desarrollo Urbano

⁴⁰ Un módulo es el sitio donde se recolectan los residuos y se compone de un contenedor para orgánicos y un segundo para inorgánicos.

Tabla B1. Registro de módulos en las áreas administrativas (*continuación*)

No.	Módulos de separación	Área de Ubicación
7	Módulo 7	Dirección General de Obras y Desarrollo Urbano
8	Módulo 8	Coordinación de Planeación y Rehabilitación
9	Módulo 9	Dirección de Obras y Atención Ciudadana
10	Módulo 10	Control de Gestión

Acciones llevadas a cabo en el monitoreo

1. *Difusión.* Se colocaron carteles referentes a la separación en dos categorías- orgánicos e inorgánicos- en los sitios de ubicación de los módulos de separación y se repartieron volantes al personal administrativo.
2. *Supervisión.* Se realizaron recorridos diarios de las 7:00 a las 10:00 horas para observar el comportamiento en los módulos de separación, posteriormente se cambio el horario de las 13:00 a las 15:00 horas de la tarde, por considerar que la recolección de los residuos se termina a esta hora, permitiendo hacer el pesado a los contenedores en cada módulo con mayor certeza.

Monitoreo

Se llevaron las siguientes actividades:

1. Personal de limpieza: rotular las bolsas de recolecta de los residuos en cada módulo separación al término del día, que se determinó de las 7:00 a las 15:00 horas, periodo de mayor afluencia. También se encargó del mantenimiento y del aseo diario del contenedor de orgánicos.
2. Coordinación de Preservación, Desarrollo y Educación Ambiental (CPDEA): Se encargó del traslado de los residuos al contenedor común (instalado por personal de Servicios Urbanos), los residuos orgánicos y las botellas de PET al área de Medio Ambiente. También del pesado de cada contenedor vacío y con residuos, para lo cual utilizaron báscula de 5 kg, para determinar el peso diario de cada residuo recolectado.

Tabla B2. Monitoreo del 28 de junio 2005 a las áreas administrativas de Obras y Desarrollo Urbano

No	Fecha de recepción	Hora de recolección	Orgánicos (1) (kg)	Inorgánicos (2) (kg)	Sanitario (kg)	Papel (3) (kg)	Cartón (3) (kg)	Envases PET (kg)
4	28-06-2005	8:30 hr		1				1.8 (**)
4	28-06-2005	9:00 hr			0.650			
4	28-06-2005	11:15 hr	0.1					
5	28-06-2005	11:20 hr		1.3				
5	28-06-2005	11:30 hr	2.3 (***)	2.2				
2	28-06-2005	11:40 hr	0.05					
1	28-06-2005	11:44 hr	0.15					
3	28-06-2005	11:44 hr						
7	28-06-2005	11:44 hr	0.2					
10	28-06-2005	11:45 hr						
9	28-06-2005	11:50 hr	0.95					
8	28-06-2005	11:56 hr						
6	28-06-2005	11:58 hr						
4	28-06-2005	14:15 hr		1.2			1.8	
4	28-06-2005	14:20 hr		1				

(1) Los orgánicos: residuos de comida, residuos de café (esta en una proporción importante).

(2) Los inorgánicos: envolturas de celofán, papel de estrasa, vasos y platos de poliestireno expandido (unicel), servilletas de papel, envases de vidrio (son los mas pesados), envases de aluminio,

(**) Los valores van de 1 kg a 1.3 kg de PET por día, el valor de 1.8 kg que aparece arriba no es común. Se recolectan entre 6.5 kg a 7 kg a la semana, que se calcula por 5 días de trabajo (por ser los días laborables y por lo tanto de mayor afluencia de las personas).

(***) Normalmente se recolecta de 1 a 2 kg de materia orgánica a la semana. Los 2.3 kg no es común, posiblemente no se realizó la recolección diaria.

(3) Valores poco confiables: porque el manejo lo tiene personal ajeno al Programa, no fue posible tomar los datos.

APÉNDICE C. Estimación del poder calorífico de residuos inorgánicos en el mes de noviembre de 2005

Si se generan 436.57 ton/mes de residuos con alto poder calorífico (APC) (obtenidos del 38.70% de 1,128.10 ton de residuos inorgánicos generadas en el mes noviembre de 2005) (Tabla 8.4) del Programa de Separación y Recolección Selectiva de la Delegación Azcapotzalco, tiene un 25% de avance. Pero si el avance es del 50%, es igual a 873.14 ton/mes (estimando un incremento en la misma proporción de los residuos con APC).

De las 873.14 ton/mes de residuos con APC solo el 21.44% se trata de plásticos mezclados (38.70% es el 100% de subproductos de APC y donde 8.30% es equivalente al 21.44% de plásticos mezclados)(ver Tabla 7.11) y que comercialmente no son de interés (residuos “no aprovechados”), y una posibilidad para darles valor en el mercado es aprovecharlos en procesos de pirólisis o de gasificación, ya que el 78.56% restante (cartón, papel y plásticos los cuales son reciclables en un 100%), son susceptibles de reciclaje. Con base en lo anterior tenemos que:

$$\begin{aligned}(873.14 \text{ ton/mes})(0.2144) &= 187.20 \text{ ton/mes} \\ &= 6.24 \text{ ton/día} = 6,240.00 \text{ kg/día}\end{aligned}$$

Ahora, el poder calorífico de los plásticos mezclados es = 7,995 cal/g = 7,995 kcal/kg (dato Tabla 7.12),

$$(6,240.00 \text{ kg/día})(7,995 \text{ kcal/kg}) = 49,888,800 \text{ kcal/día}$$

$$(49,888,800 \text{ kcal/día}) \times (11.63 \times 10^{-4} \text{ kWh/kcal}) = 58,020,67 \text{ kWh/día}$$

Con una eficiencia del 35% y con 2.5% de pérdidas en la red de distribución calculadas por el autor Minett (European Commission, 2003),

$$(58,020.67 \text{ kWh/día}) \times (0.35 - 0.025) = 18,856.72 \text{ kWh diarios}$$

Y considerando las condiciones de operación dadas por el autor Minett (European Commission, 2003), la generación de energía eléctrica es de 2.19 kWh/kg.

Por lo tanto la generación de energía generada con los residuos de APC (en el escenario establecido), es igual a $(18,856.72 \text{ kWh/día}) / (4.6 \text{ kWh/servicio doméstico}^{41}) = 4,099$ hogares en 1 día

⁴¹ La compañía de Luz y Fuerza del Centro, que da servicio en el Distrito Federal, toma como base un consumo para el servicio doméstico de 140 kWh mensual (4.6 kWh diarios), cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, departamento, departamento en condominio o vivienda (Fuente: Compañía de Luz y Fuerza del Centro).