



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL - SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS

ESTUDIO DE GENERACIÓN PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE RESIDUOS
PELIGROSOS DOMÉSTICOS GENERADOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
IQ. ZULMA INÉS OTÁLORA BARRETO

TUTOR PRINCIPAL
M. C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS-FACULTAD DE INGENIERÍA
COMITÉ TUTOR
DRA. GEORGINA FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ-FACULTAD DE INGENIERÍA
M. A. I. LANDY IRENE RAMÍREZ BURGOS-FACULTAD DE QUÍMICA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. JULIO DE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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: M.I SOLÓRZANO OCHOA GUSTAVO
Secretario: DRA. FERNÁNDEZ VILLAGÓMEZ GEORGINA
Vocal: M.A.I. RAMÍREZ BURGOS LANDY IRENE
1 er. Suplente: DRA. ROJAS VALENCIA MARÍA NEFTALÍ
2 d o. Suplente: M.C. GUTIÉRREZ PALACIOS CONSTANTINO

Lugares donde se realizó la tesis: DELEGACIÓN VENUSTIANO CARRANZA, CIUDAD DE MÉXICO Y LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

TUTOR DE TESIS:

CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A Dios como fuerza que impulsa todas las cosas y a mi familia por su amor, apoyo y comprensión.

A mis Maestros del comité, Constantino Gutiérrez, Georgina Fernández y Landy Ramírez; a los Maestros del jurado ampliado, Neftalí Rojas y Gustavo Solórzano; así como al Doctor Enrique César Valdez y la Maestra Inés Navarro, por su valiosa guía y consejo.

A mis compañeros de la Facultad y el Instituto de Ingeniería: Javier Avilés, Martín Gómez, Carolina Silva, Lizbeth Cruz, Jorge Sánchez, Santiago Querol, Fidel González, Juan Carlos Ávila y Marina Pedro por su ayuda espontánea en la aplicación de encuestas, recolección y caracterización de residuos; también a Emilio Suarez y Andrea Acevedo, gestores ambientales que, sin conocerme formaron parte del equipo en campo.

Al personal de la estación de transferencia de la Delegación Venustiano Carranza por su diligencia y colaboración en las largas jornadas de caracterización.

A UNAM y CONACYT por creer en mí, darme esta gran oportunidad y financiar mis estudios de Maestría en Ingeniería Ambiental.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos particulares	6
1.4 METAS	6
2 GENERALIDADES.....	7
2.1 CONCEPTOS BASE	7
2.1.1 La gestión de los residuos	8
2.1.2 Residuos peligrosos	9
2.1.3 Peligros asociados a la generación de residuos domésticos.....	11
2.2 MARCO LEGAL Y NORMATIVO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE ORIGEN DOMÉSTICO	14
2.3 ESTADO DEL ARTE Y ESTUDIOS PREVIOS	15
2.3.1 Unión Europea.....	15
2.3.2 Latinoamérica - Colombia.....	17
2.3.3 México	18
2.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	19
2.4.1 Antecedentes y desarrollo histórico de la zona	19
2.4.2 Ubicación geográfica y delimitación	20
3 METODOLOGÍA.....	23
3.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	23
3.1.1 Identificación de las variables.....	24
3.1.2 Definición de la unidad experimental y del universo de trabajo	26
3.1.3 Selección estadística de la muestra	28
3.2 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	28
3.2.1 Identificación de peligros	29
3.2.2 Evaluación de la exposición	31
3.2.3 Evaluación dosis-respuesta.....	33
3.2.4 Caracterización del riesgo	33
4 DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO	35
4.1 VERIFICACIÓN EN CAMPO DE LA ZONA DE ESTUDIO Y AJUSTE DE LA MUESTRA	35
4.2 SELECCIÓN DE LA MUESTRA	36
4.2.1 Selección de cuerdas en campo.....	36
4.2.2 Selección de los hogares.....	36
4.3 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	37
4.3.1 La encuesta	37
4.3.2 La generación diaria	38
4.3.3 Identificación y caracterización de los residuos	39
5 RESULTADOS	41
5.1 DE LA APLICACIÓN DE LA ENCUESTA.....	41
5.1.1 El gestor de residuos al interior del hogar	41
5.1.2 Los medios de comunicación para difundir información de residuos sólidos.....	42
5.1.3 La percepción de peligrosidad de los residuos.....	43
5.1.4 La frecuencia de generación de los RPD	44
5.1.5 Las actividades de separación en la fuente de los RPD.....	44

5.1.6	Las formas habituales de disposición de los RPD	45
5.2	EN LAS VISITAS DE CAMPO	46
5.3	RECOLECCIÓN DIARIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	47
5.4	IDENTIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS	47
5.4.1	Cuarteo y peso volumétrico de los residuos	47
5.4.2	Composición de los residuos sólidos.....	48
6	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	51
6.1	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA	51
6.1.1	Prueba de normalidad	51
6.1.2	Evaluación de factores determinantes.....	53
6.1.3	Eliminación de datos sospechosos.....	56
6.1.4	Cálculo de la tasa de generación per cápita.....	56
6.1.5	Análisis de confiabilidad	58
6.2	EVALUACIÓN DE RIESGOS	58
6.2.1	Identificación de peligros	59
6.2.2	Evaluación de la exposición	61
6.2.3	Evaluación dosis-respuesta.....	66
6.2.4	Caracterización del riesgo	67
7	BASES PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMÉSTICOS	71
7.1	TIPO DE PLAN DE MANEJO	72
7.2	COMPETENCIAS RELACIONADAS CON LOS PLANES DE MANEJO DE RPD	73
7.3	CONTENIDO DE LOS PLANES DE MANEJO	74
7.4	LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO	75
7.4.1	Estrategias y acciones de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) relacionadas con los residuos sólidos.....	75
7.4.2	La gestión de los RPD y otras corrientes de interés en la Ciudad de México.....	76
7.5	ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA SER INCLUIDAS EN LOS PLANES DE MANEJO	77
7.5.1	Estrategias en el entorno local	77
7.5.2	Estrategias en el entorno ocupacional.....	79
7.6	CRONOLOGÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN	79
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
	REFERENCIAS	83
	ANEXOS	89
A.	FORMATOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO	89
A1.	La encuesta.....	89
A2.	La generación diaria en cada punto de recolección	90
A3.	Caracterización de los residuos	90
B.	MUESTRAS DE CÁLCULO	92
B1.	Cálculos generación per cápita	92
B2.	Cálculos de composición.....	92
C.	PLANO DE SELECCIÓN ALEATORIA DE PREDIOS.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Proyección de la generación de residuos sólidos municipales a 2025.....	1
Tabla 1.2 Composición general de los residuos sólidos	2
Tabla 1.3 Datos de generación de residuos sólidos en el Distrito Federal en 2013.....	5
Tabla 2.1 Listado de residuos peligrosos domésticos de acuerdo a la NADF-024-AMBT-2013	11
Tabla 2.2 Riesgos asociados a la caducidad o almacenamiento inapropiado de los medicamentos	12
Tabla 2.3 Sustancias consideradas en la toxicidad de los cosméticos.....	13
Tabla 2.4 Sustancias potencialmente peligrosas presentes en fragancias y perfumes	13
Tabla 2.5 Normograma aplicable al desarrollo del proyecto.....	14
Tabla 2.6 Marco regulatorio y político de los RPD en países miembros de la Unión Europea.....	15
Tabla 2.7 Sustancias peligrosas priorizadas en la Unión Europea.....	16
Tabla 2.8 Cantidades estimadas de generación de RPD por país de la Unión Europea.	16
Tabla 2.9 Composición de los RSU contemplada en los PGIRS-Colombia.....	17
Tabla 2.10 Composición de los RSU en Medellín-Colombia	17
Tabla 2.11 Metodología y resultados de algunos estudios específicos previos realizados en México	18
Tabla 2.12 Porcentaje de residuos peligrosos en estudios no específicos realizados en México	19
Tabla 3.1 Comparativo entre diversos métodos de caracterización de residuos sólidos	23
Tabla 3.2 Tipos de residuos considerados en el estudio de generación.....	25
Tabla 3.3 Estratificación de casas habitación en la zona de La Merced.....	27
Tabla 5.1 Hallazgos en campo sobre la gestión de los RSU	46
Tabla 5.2 Resultados diarios de cuarteo y peso volumétrico de los RSU	47
Tabla 6.1 Parámetros estadísticos tomados para el estudio de generación.....	51
Tabla 6.2 Parámetros estadísticos que permiten evaluar normalidad de la serie de datos.....	51
Tabla 6.3 Resumen de datos para ANOVA-Días de participación de los hogares	54
Tabla 6.4 Análisis de varianza de un factor ANOVA-Días de participación de los hogares.....	54
Tabla 6.5 Resumen de datos para ANOVA-Día de recolección	55
Tabla 6.6 Análisis de varianza-Día de recolección.....	55

Tabla 6.7 Datos atípicos por criterio de Grubbs	56
Tabla 6.8 Resultados estadísticos para la generación per cápita.....	57
Tabla 6.9 Análisis de confiabilidad sobre la media	58
Tabla 6.10 Agentes de peligro por corriente de RPD	59
Tabla 6.11 Peligros asociados a las sustancias presentes en los RPD.....	59
Tabla 6.12 Ponderación de los parámetros de riesgo, resultados de la consulta a expertos.....	63
Tabla 6.13 Escala utilizada para los parámetros distintos a NFPA, resultados de la consulta a expertos.....	64
Tabla 6.14 Valores asignados para ecotoxicidad, resultados de la consulta a expertos.....	64
Tabla 6.15 Escala asignada al porcentaje en los RPD	64
Tabla 6.16 Datos de Ecotoxicidad para los agentes de peligro y su calificación de acuerdo con la consulta	65
Tabla 6.17 Priorización de los agentes de peligro según criterios de la consulta a expertos.....	65
Tabla 6.18 Riesgos a la salud de los agentes priorizados por vía de exposición.....	66
Tabla 6.19 Toxicidad de los agentes de peligro priorizados	67
Tabla 6.20 Valores utilizados para estimación en ALOHA	67
Tabla 6.21 Cantidades de los agentes de peligro y resultados de ALOHA en el entorno local	69
Tabla 6.22 Cantidades de los agentes de peligro y resultados de ALOHA en el entorno ocupacional	69
Tabla 7.1 Gestión de las corrientes de RPD en la Ciudad de México	76
Tabla 7.2 Estrategias a considerar en los planes de manejo de RPD en el entorno local	78
Tabla 7.3 Estrategias a considerar en los planes de manejo de los RPD en el entorno ocupacional	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Clasificación de los residuos sólidos de acuerdo con la LGPGIR.....	7
Figura 2.2 Etapas de la gestión de los residuos sólidos.....	8
Figura 2.3 Características CRETIB de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005.....	10
Figura 2.4 Resultados sobre la composición de los RPD en algunos estudios previos en México.....	18
Figura 2.5 Ubicación de la delegación Venustiano Carranza en la ciudad y de la Zona de la Merced en la delegación.....	20
Figura 2.6 Usos del suelo en la Zona de La Merced.....	21
Figura 3.1 Secuencia de diseño del experimento.....	24
Figura 3.2 Índice de desarrollo en la zona de La Merced.....	26
Figura 3.3 Actividades desarrolladas para definir y estratificar el universo de trabajo.....	26
Figura 3.4 Selección de gabinete de las cuadras incluidas en el estudio.....	27
Figura 3.5 Componentes contemplados en la evaluación de riesgos.....	29
Figura 3.6 Procesos de transformación y transporte de un tóxico en el cuerpo humano.....	30
Figura 4.1 Condiciones socio-económicas del sector.....	35
Figura 4.2 Condiciones de gestión de residuos del sector.....	36
Figura 4.3 Cuadras definitivas incluidas en la muestra.....	37
Figura 4.4 Aplicación de la encuesta.....	38
Figura 4.5 Recolección diaria de los residuos y pesaje.....	38
Figura 4.6 Mezcla, cuarteo y peso volumétrico 'in situ'.....	39
Figura 4.7 Clasificación de los residuos.....	40
Figura 4.8 Residuos peligrosos encontrados.....	40
Figura 5.1 Distribución porcentual de los gestores de residuos de acuerdo al género, según los resultados de la encuesta.....	41
Figura 5.2 Distribución porcentual de los gestores por grupo étnico, según los resultados de la encuesta.....	42
Figura 5.3 Grado de escolaridad alcanzado por los gestores, según los resultados de la encuesta.....	42
Figura 5.4 Medios preferidos para la comunicación de la gestión según los resultados de la encuesta.....	43
Figura 5.5 Generación y percepción de peligrosidad de los residuos, según los resultados de la encuesta.....	43

Figura 5.6 Frecuencia de generación de los residuos peligrosos según los resultados de la encuesta	44
Figura 5.7 Formas típicas de almacenamiento temporal según los resultados de la encuesta.....	45
Figura 5.8 Forma típica de disposición final de los RPD, según los resultados de la encuesta.....	46
Figura 5.9 Días de participación de los hogares en el estudio	47
Figura 5.10 Resultados obtenidos para la composición de los RSU, por categorías.....	48
Figura 5.11 Resultados obtenidos para la composición de los residuos potencialmente peligrosos	48
Figura 5.12 Resultados obtenidos para la composición de los residuos biodegradables	49
Figura 5.13 Resultados obtenidos para la distribución porcentual de los residuos con potencial de reciclaje	50
Figura 5.14 Resultados obtenidos para la distribución porcentual de los residuos con aprovechamiento limitado	50
Figura 6.1 Serie de datos obtenidos para la generación per cápita.....	51
Figura 6.2 Histograma de la serie de datos.....	52
Figura 6.3 Diagrama de puntos para prueba de normalidad	52
Figura 6.4 Medias parciales según los días de participación.....	53
Figura 6.5 Tasa de generación promedio, según el día de la semana en que se realiza la recolección.....	55
Figura 6.6 Esquema utilizado para la evaluación de riesgos.....	58
Figura 6.7 Resultados de compatibilidad según <i>CAMEO Chemicals</i>	60
Figura 6.8 Rutas de exposición a RPD en el entorno local	61
Figura 6.9 Rutas de exposición a los RPD en el entorno ocupacional	62
Figura 6.10 Rutas de exposición del ambiente a los RPD.....	62
Figura 6.11 Ejemplo de la estimación de las zonas de riesgo por medio de ALOHA (adaptación de la pantalla ofrecida por la herramienta para el análisis de ácido clorhídrico).....	68
Figura 7.1 Dimensiones y niveles de la problemática de los RPD.....	71
Figura 7.2 Elementos a incluir en los planes de gestión de residuos peligrosos	74
Figura 7.3 Cronología sugerida para la gestión de los RPD en Ciudad de México.....	79

1 INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos municipales (RSM) es inherente a la actividad humana, pero se convirtió en un problema de salud pública con el crecimiento de los centros urbanos, debido principalmente a la cantidad generada y lo vulnerable de las comunidades aledañas a los sitios destinados para la disposición final de estos residuos. Esta situación ha obligado a tomar medidas en cuanto a la recolección, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos generados, en aras de evitar la aparición de fauna no deseable y la contaminación en suelos y aguas destinados a consumo humano y de uso agropecuario.

El informe del Banco Mundial titulado 'What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management' (Hornweg, 2012) ofrece datos consolidados sobre la generación, recolección, composición y eliminación de los RSM por país y región y también predice un marcado aumento en la generación de residuos sólidos urbanos de 2012 a 2025: estima que aumentará del nivel actual de 1300 millones de toneladas/año a 2200 millones de toneladas/año, y que la mayoría del aumento se producirá en las ciudades con rápido crecimiento de los países en desarrollo, como se evidencia en la tabla 1.1 para las regiones de Africa (AFR) o el Sur de Asia (SAR).

Tabla 1.1 Proyección de la generación de residuos sólidos municipales a 2025

Region	Datos disponibles			Proyecciones para 2025			
	Total de población urbana (Mill de hab)	Generación de RSU Per cápita (kg/(hab* día))	Total (Ton/día)	Total de población (Mill de hab)	Población urbana (Mill de hab)	Per cápita (kg/(hab *día))	Total (Ton/día)
Africa	260	0.65	169,119	1,152	518	0.85	441,840
Asia Oriental y Pacífico	777	0.95	738,958	2,124	1,229	1.5	1,865,379
Europa oriental y Asia central	227	1.1	254,389	339	239	1.5	354,810
Latinoamérica y el Caribe	399	1.1	437,545	681	466	1.6	728,392
Medio Oriente y Africa del norte	162	1.1	173,545	379	257	1.43	369,320
OCDE	729	2.2	1,566,286	1,031	842	2.1	1,742,417
Sur de Asia	426	0.45	192,410	1,938	734	0.77	567,545
TOTAL	2,980	1.2	3,532,252	7,644	4,285	1.4	6,069,703

Fuente: 'What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management' (Hornweg, 2012)

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

Los autores del informe advierten que se avecina una crisis en el terreno de los RSM, con el aumento en el nivel de vida y el crecimiento de los centros urbanos; por esto señalan la necesidad de un plan de gestión integral de estos residuos en las ciudades y consideran elemento esencial de dicho plan la consulta de todas las partes interesadas.

Este informe también habla de la composición de los residuos sólidos generados a nivel mundial, haciendo una clasificación general en la cual se incluyen los residuos peligrosos domésticos, como se observa en la tabla 1.2.

Las consecuencias en la salud de la población, derivadas del manejo inadecuado de los residuos se ven con frecuencia magnificadas por la presencia de estos residuos con características peligrosas, como en varios casos conocidos que han generado accidentes en su mayoría con residuos de origen industrial dispuestos sin control. Ejemplos de esta situación son:

- En Valparaíso (Chile) en octubre de 2006, un camión transportador de residuos sólidos urbanos se incendió, debido a que llevaba también residuos de origen industrial con características peligrosas que generaron las llamas.

- En playas de la costa este de los Estados Unidos, donde se encontraron jeringas que en un principio se supuso que provenían de hospitales y posteriormente se demostró que los residuos provenían de usuarios domésticos, principalmente drogadictos y diabéticos (Rivera, 2001; mencionado en Pérez 2012).

Tabla 1.2 Composición general de los residuos sólidos

<i>Fuente</i>	<i>Generadores de residuos típicos</i>	<i>Tipos de residuos sólidos</i>
Residencial	Habitacional sencilla o multifamiliar	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardinería, madera, vidrio, metales, cenizas, Residuos especiales (p.e. voluminosos, consumibles de electrónicos, línea blanca, baterías, aceites, llantas) Residuos domésticos peligrosos (p.e. pinturas, aerosoles, pipas de gas, residuos con mercurio, aceites de motor, productos de limpieza) Residuos electrónicos (p.e. computadores, teléfonos, tv)
Industrial	Pequeña y gran manufactura, instalaciones de fabricación y construcción, plantas químicas y de energía (excuyendo residuos de procesos específicos si no son recogidos por el municipio)	Residuos de limpieza, embalaje, residuos de comida, materiales de construcción y demolición, residuos peligrosos, cenizas, residuos especiales
Comercial	Tiendas, hoteles, restaurantes, mercados y edificios de oficinas	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales, peligrosos y electrónicos
institucional	Centros educativos, hospitales (residuos no hospitalarios) prisiones, edificios del gobierno, aeropuertos	Los mismos que en el comercial
Costrucción y demolición	Construcciones nuevas, reparación de vías, remodelaciones y demolición de edificios	Madera, acero, concreto, tierra, ladrillos, baldosas
Servicios municipales	Limpieza de calles, áreas verdes, parques, playas y otras áreas recreacionales, plantas potabilizadoras y de aguas residuales	Barrido de calles, residuos de poda, residuos generales de parques, playas y otras zonas recreacionales, lodos

Fuente: What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management' (Hornweg, 2012)

El continuo avance de la tecnología y la creciente demanda de productos tecnológicos, de limpieza y cuidado personal cada vez más eficientes y con propiedades específicas, han incrementado la presencia de residuos peligrosos dentro de los residuos urbanos, representados básicamente por envases y restos de productos de aseo personal y limpieza, baterías y aparatos electrónicos que por su baja tasa de generación no están regulados por la actual normativa mexicana, ya que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) entrega esta responsabilidad a los municipios.

Por lo anterior, en este trabajo se propone realizar un estudio de generación de residuos peligrosos en viviendas estableciendo como universo de trabajo a una delegación política del Distrito Federal. Con los resultados también se espera proponer alternativas para la elaboración de Planes de Manejo de algunos de estos residuos.

1.1 Justificación

En México la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (última actualización publicada en DOF 19-03-2014), clasifica a los residuos en tres grandes grupos: peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial. Los residuos sólidos urbanos son los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas o los que provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole. Los residuos peligrosos están regulados principalmente por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. En el reglamento de esa misma ley, se establecen las obligaciones de los grandes, pequeños y microgeneradores de residuos peligrosos ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, entre las que se cuenta registrarse como tales ante la entidad.

La Ley de Residuos del Distrito Federal (2003) excluye los residuos peligrosos de su competencia aunque la LGPGIR le asigna a los municipios la responsabilidad de los planes de manejo para los residuos peligrosos producidos en los domicilios. Con relación a la generación de residuos sólidos en la ciudad se tienen dos fuentes: de acuerdo con los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática-INEGI en la Estadística Básica de Medio Ambiente 2013, en el Distrito Federal se recolectaban al día en promedio 17,043 toneladas de residuos sólidos urbanos generados en las viviendas, comercios y edificios públicos, principalmente, que representan una quinta parte de la recolección nacional (19,7%), mientras que en el Inventario de Residuos Sólidos realizado por la Secretaría de Medio Ambiente-SEDEMA 2013 se indica que se recolectan 12,816 toneladas diarias provenientes de la población fija y flotante de la ciudad.

En las viviendas se genera gran variedad de residuos que están considerados como peligrosos de acuerdo a la NOM-052-SEMARNAT-2005, sin embargo por la baja cantidad que se genera por vivienda, los habitantes no están obligados a registrarse como generadores de residuos peligrosos. No se cuenta con datos recientes referidos a la generación de estos residuos en la Ciudad de México, pero de acuerdo con el muestreo de residuos sólidos urbanos realizado en una zona habitacional de la ciudad (Rosas, 2002), se encontró que el 0.348% de lo generado correspondió a residuos peligrosos. Pero ya considerando en conjunto la cantidad de residuos peligrosos domésticos generados en la ciudad resulta ser una cifra significativa, alrededor de 59 toneladas diarias. Si se consideran estudios más recientes realizados en otras ciudades mexicanas como Cuahutemoc, Chihuahua (Sandoval, 2009) y Mexicali, Baja California (Favela, 2009) el porcentaje puede encontrarse entre el 2 y el 5%, lo que podría hacer aún más significativa la generación de residuos peligrosos domésticos.

Estos residuos contemplan compuestos tan variados que van desde artículos de consumo como productos de limpieza del hogar y cuidado personal hasta otros más complejos como pilas y aparatos electrónicos, cuyos efectos sobre la salud y el ambiente están asociados a las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad o inflamabilidad de sus componentes. Estos productos llegan a los rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto formando parte de la composición de los lixiviados generados y aumentando la probabilidad de contaminación del suelo y los acuíferos.

La composición de los lixiviados es una manera indirecta de evaluar el riesgo generado por los residuos peligrosos domésticos. De acuerdo con algunos estudios reseñados por *Slacka et al*, (Slacka, 2003) al comparar los lixiviados producidos en rellenos mixtos (en los que se disponen residuos peligrosos y no peligrosos) con aquellos que solo reciben residuos sólidos urbanos, se concluye que su contenido de sustancias peligrosas no es muy diferente, revelando que los residuos peligrosos de origen doméstico son tan relevantes como aquellos producidos a nivel industrial. Si bien los rellenos modernos involucran obras de ingeniería para controlar la situación, el riesgo aún existe.

La Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013, publicada el 8 de julio de 2015 y que entrará en vigor en julio de 2016, establece los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva, almacenamiento y valorización de los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y domésticos peligrosos de la Ciudad de México. Con relación a estos últimos, incluye una lista de residuos domésticos potencialmente peligrosos de uso masivo, así como la necesidad de manejarlos en el hogar de acuerdo con los planes que la ciudad ponga en marcha.

No existe una estadística regional ni nacional de accidentes derivados de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos domésticos, ya que en su mayoría son atendidos por la red de salud y no son reportados. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), las consecuencias a la salud por los residuos peligrosos pueden deberse por contacto directo o indirecto (De Koning, 1994). El contacto directo con estos residuos puede afectar a grupos diferentes de la población como:

- Los que trabajan en la industria y en los establecimientos de atención de salud y, potencialmente, también sus familias
- Los que trabajan en la recolección, la selección, el transporte y la disposición final de los residuos
- La población general, como resultado del uso de métodos inadecuados de disposición, o accidentes como explosiones, derrames o incendios.

Las exposiciones indirectas ocurren después que los residuos se han sometido a algún tratamiento como la combustión, que puede causar contaminación del aire, del suelo y del agua subterránea, o a causa de un mal almacenamiento. Por lo tanto, diversos componentes de los residuos peligrosos pueden introducirse en el aire, el agua y el suelo, y en último término, llegar al ser humano, por ejemplo en los alimentos.

Los efectos en la salud humana que son resultado de la exposición a distintas sustancias químicas ocurren en muchas formas y afectan a órganos diferentes según el tipo de sustancia química de que se trate, la vía de exposición y la dosis que se recibe. 'La ingestión es la vía de exposición que se reporta con mayor frecuencia en episodios de contaminación ambiental que han afectado a los sistemas hepático, renal, hematopoyético, reproductivo y nervioso central. El tipo y la gravedad de los efectos dependen de la dosis. El contacto cutáneo directo es importante en el ámbito ocupacional donde se han informado efectos dérmicos y en el sistema nervioso central, pero parece menos probable como ruta de exposición para las poblaciones que viven en zonas aledañas a los sitios de disposición de residuos. Es poco probable que la inhalación sea importante, a menos que sea a concentraciones relativamente altas o como resultado de incendios, si bien en estudios ocupacionales se han notificado efectos hematopoyéticos, reproductivos y en el sistema nervioso central' (De Koning, 1994).

1.2 Planteamiento del Problema

Como se evidencia de la revisión normativa, no se cuenta con una regulación implementada respecto a los residuos peligrosos de origen doméstico ni tampoco con reglamentación técnica para un estudio de generación de este tipo de residuos, el conjunto de normas NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985 y NMX-AA-022-1985 se refiere a residuos sólidos urbanos sin características de peligrosidad. Para fines de este estudio, se aplicarán estas normas técnicas nacionales, con el ajuste estadístico de otras estrategias internacionales que permitan dar mayor confianza a la información recolectada.

Tampoco se cuenta con estudios recientes que sirvan de referencia de este tipo de residuos en la ciudad de México, para determinar la fracción generada y así diseñar los planes de manejo de estos residuos. Es importante considerar la situación local de la generación de residuos con el fin de seleccionar la delegación que será caso de estudio. Considerando la información de la Estadística Básica de Medio Ambiente del INEGI (2013) y el Inventario de Residuos Sólidos del Distrito Federal 2013 se tienen los datos de la tabla 1.3

Tabla 1.3 Datos de generación de residuos sólidos en el Distrito Federal en 2013

Delegación	Datos INEGI		Datos SEDEMA	
	Generación total (Ton)	Generación per cápita (kg/hab*día)	Generación total (Ton)	Generación per cápita (kg/hab*día)
Iztapalapa	3,533	1.95	2,256	1.24
Gustavo Madero	2,965	2.50	1,702	1.44
Cuauhtémoc	2,192	4.12	1,320	2.48
Venustiano Carranza	1,200	2.78	851	1.97
Coyoacán	1,136	1.83	807	1.30
Alvaro Obregón	1,095	1.51	645	0.89

Las delegaciones con mayor generación son Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Cuauhtémoc y Venustiano Carranza y la generación de estas representa alrededor de la mitad de la generación total de la ciudad en los dos casos. Observando los datos de la recolección per cápita, los primeros sitios los ocupan las mismas cuatro delegaciones. Teniendo en cuenta la iniciativa de Gobierno cuyo objetivo es la recuperación de la Zona de la Merced, ubicada mayoritariamente en la Delegación Venustiano Carranza, se decidió que el caso de estudio estaría encauzado a los habitantes de esta localidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un estudio de generación de residuos peligrosos domésticos en una delegación de la Ciudad de México para determinar su composición, tasas de generación y sus características de peligrosidad, que sirva como base para la elaboración de Planes de Manejo de estos residuos en la ciudad.

1.3.2 *Objetivos particulares*

- Revisar la legislación nacional y local en materia de residuos peligrosos domésticos y sus planes de manejo.
- Evaluar las condiciones demográficas que permitan seleccionar la delegación a estudiar y la muestra sobre la cual se realizará el muestreo, basados en información de organismos oficiales.
- Diseñar un plan para el muestreo y captura de información en campo sobre la generación de residuos domésticos en la delegación seleccionada, considerando aquellos con características peligrosas de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005 y tomando como base la metodología planteada en la NMX-AA-061-1985 de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Aplicar el plan de muestreo diseñado en la delegación y estrato seleccionados.
- Analizar los resultados obtenidos en el muestreo utilizando los métodos planteados por las normas técnicas mexicanas y técnicas internacionales.
- Evaluar el riesgo a la salud humana, ocasionado por la generación de los residuos peligrosos encontrados en el muestreo y que sean priorizados en el análisis de los resultados.
- Proponer las recomendaciones mínimas que deben ser consideradas en los planes de manejo de los residuos peligrosos encontrados en el muestreo.

1.4 **Metas**

Las metas trazadas para este proyecto son las siguientes:

Diseñar un programa de muestreo que permita utilizar la información recolectada por parte de las diferentes entidades interesadas.

Establecer datos confiables sobre la composición en porcentaje y tasas de generación de los distintos tipos de residuos peligrosos generados en las viviendas de la Ciudad de México, que puedan ser usados como insumo para la formulación del Plan de Manejo de estos residuos.

Proponer estrategias de gestión para aquellos residuos que lo ameriten, por su grado de peligrosidad, volumen de generación o el rezago en su gestión.

2 GENERALIDADES

El propósito de este capítulo, es brindar una visión general de los conceptos y requerimientos de manejo más relevantes a considerar en la gestión de residuos, especialmente de los que poseen características peligrosas de acuerdo con la normativa mexicana vigente. Por otro lado también se pretende mostrar la situación legal y de investigación de los residuos peligrosos de origen doméstico, tanto en el ámbito local como a nivel internacional.

2.1 Conceptos base

Como base se tomó la definición normativa de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), define residuo como “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...” y la distinción que dicha norma hace entre tres tipos básicos de residuos:

- Los residuos sólidos urbanos (RSU) como los 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.
- Los residuos peligrosos (RP) que son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.
- Los residuos de manejo especial (RME) generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

En la figura 2.1 se ilustran los tres tipos de residuos.

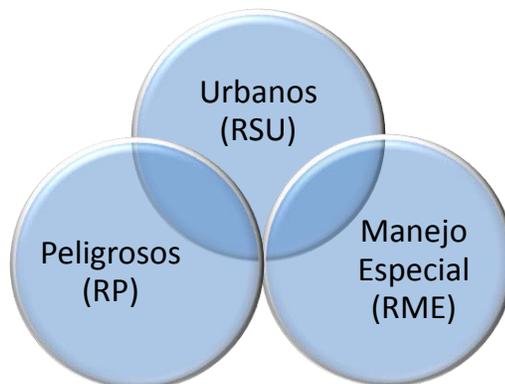


Figura 2.1 Clasificación de los residuos sólidos de acuerdo con la LGPGIR

Es importante considerar que dentro de las casas de habitación se utilizan diversos productos de aseo personal y limpieza con características peligrosas y cuyos envases y remanentes son dispuestos como RSU. También se usan equipos electrónicos y suministros con componentes o características peligrosas o de manejo especial que son descartados al final de su vida útil. Estos residuos se encontrarían en la intersección de la clasificación sin que los abarque ninguna reglamentación particular.

2.1.1 La gestión de los residuos

La gestión tradicional de los residuos ha contemplado por muchos años simplemente la recolección, transporte y disposición final, sin embargo la alta generación de los centros urbanos y posibilidad cada vez más escasa de ubicar rellenos sanitarios ha obligado a tomar el problema de los residuos de manera integral. La LGPGIR considera la Gestión Integral de Residuos (GIR) como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región, incluyendo así tanto acciones normativas y administrativas como del mercado, teniendo implícita la participación de generadores y gestores de las diferentes etapas de gestión. La diferencia entre los dos modelos de gestión se esquematiza en la figura 2.2.

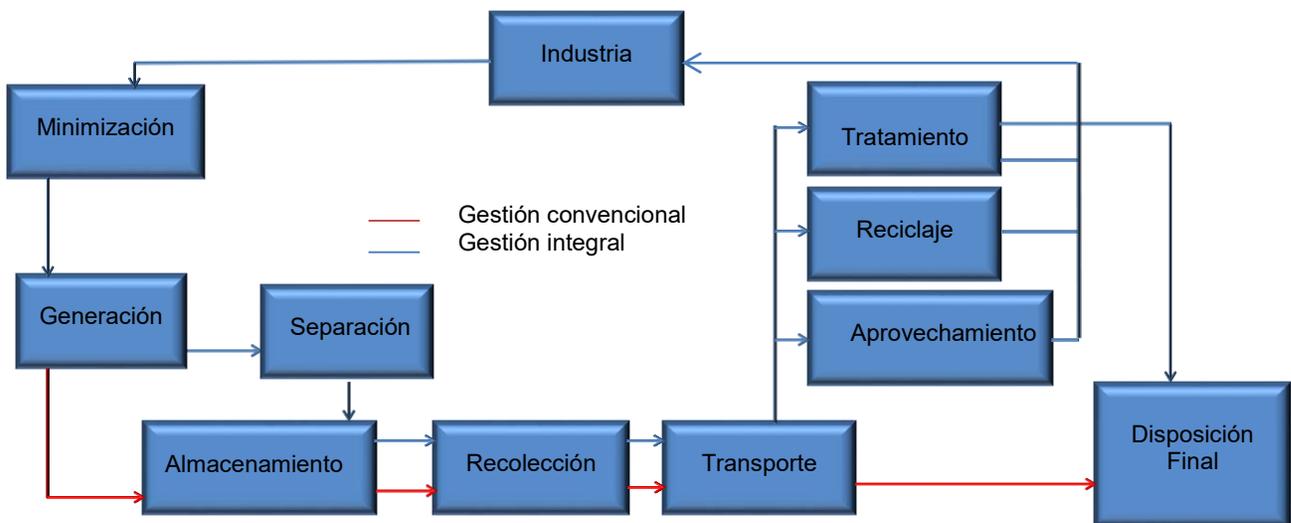


Figura 2.2 Etapas de la gestión de los residuos sólidos

La gestión Integral de los residuos contempla diversas etapas:

- Minimización: No está incluida en la LGPGIR, pero abarca una serie de acciones para reducir la cantidad y volumen de los residuos generados como acuerdos comerciales, la reducción de empaques y la modificación de hábitos de consumo.
- Generación: es la acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

- Separación: Con el fin de proteger el valor potencial de los residuos, se requiere que se disgreguen para evitar que se contaminen o destruyan. La LGPGIR la contempla en dos sentidos:
 - ✓ Separación Primaria: Acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos.
 - ✓ Separación Secundaria: Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados.
- Almacenamiento: Corresponde a la actividad de resguardo de los residuos previo a la recolección, o a cualquiera de sus etapas siguientes, como tratamiento, aprovechamiento o reciclaje.
- Transporte/Recolección: No se incluye en la LGPGIR, se refiere al traslado de los residuos entre una etapa y otra del sistema de gestión.
- Valorización: El conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica. Entre estas acciones se pueden contar:
 - ✓ Reutilización: El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación
 - ✓ Reciclado: Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos;
 - ✓ Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.
- Disposición Final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

2.1.2 Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos son aquellos que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio. Así su carácter de peligroso está determinado por su capacidad potencial de hacer un daño a la salud humana, el acrónimo de estas propiedades se conoce como CRETIB. En la figura 2.3 se resumen estas características.

La clasificación de los materiales en estas categorías está sujeta a una serie de pruebas contempladas en las normas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-053-SEMARNAT-1993 excepto los explosivos y biológico-infecciosos que se asignan por el conocimiento de la sustancia o la procedencia de los residuos.

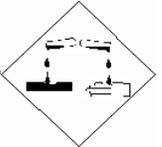
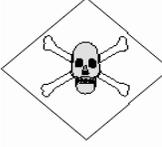
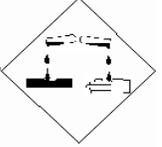
Corrosivo	<ul style="list-style-type: none"> • Es un líquido acuoso y presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 • Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 • Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6,35 milímetros o más por año a una temperatura de 328 K (55°C)
Reactivo	<ul style="list-style-type: none"> • Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición o cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora. • Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor o posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo.
Explosivo	<ul style="list-style-type: none"> • cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento. Esta característica no debe determinarse mediante análisis de laboratorio, por lo que la identificación de esta característica debe estar basada en el conocimiento del origen o composición del residuo.
Tóxico	<ul style="list-style-type: none"> • El extracto PECT, obtenido mediante el procedimiento establecido en la NOM-053-SEMARNAT-1993, contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la Tabla 2 de la Norma en una concentración mayor a los límites ahí señalados
Inflamable	<ul style="list-style-type: none"> • Es un líquido o una mezcla que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60,5°C, medido en copa cerrada, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%. • No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C. • Es un gas que a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de mínimo 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad. • Es un gas oxidante que puede contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.
Biológico infeccioso	<ul style="list-style-type: none"> • El que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contiene o puede contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos y al ambiente, que se generan en establecimientos de atención médica.

Figura 2.3 Características CRETIB de acuerdo con la NOM-052-SEMARNAT-2005

Con relación a los residuos peligrosos domésticos, se les menciona en la reciente norma local NADF-024-AMBT-2013 que propone una recolección selectiva de diversas corrientes en los residuos sólidos urbanos, entre las que contempla los que pueden poseer características peligrosas. La clasificación planteada en la norma se encuentra en la Tabla 2.1.

Esta norma también indica que los residuos sólidos urbanos no deberán mezclarse con residuos peligrosos, el generador de estos residuos deberá entregar estos residuos al responsable del plan de manejo o a los centros de acopio autorizados y que además, la Secretaría pondrá a disposición el listado de los planes de manejo para que la población quede enterada y pueda disponer este tipo de residuos. Quedaron excluidos de esta lista, algunos elementos peligrosos que han sido considerados en algunas normas internacionales, como los aerosoles y los productos de cuidado personal.

Tabla 2.1 Listado de residuos peligrosos domésticos de acuerdo a la NADF-024-AMBT-2013

Material con riesgo Potencial de Peligrosidad	Productos	Acciones
<p>Mantenimiento automotriz Contenedor vacío o con residuos, y los subproductos contaminados con ellos, tales como: Estopas impregnadas con grasas, aceites y solventes, Filtros de gasolina y aceite Contenedores metálicos Aquellos productos en cuyos envases aparecen los siguientes símbolos</p>   <p>Figura 1 Figura 2</p>	<p>Aceite de motor Aditivos para gasolina y aceite Anticongelante Baterías ácido-plomo Cera para autos Combustibles Limpiador de carburador Limpiador de motor Líquido de transmisión Líquido para frenos</p>	<p>Los residuos contenidos en esta lista deberán entregarse a los responsables de los Planes de Manejo específicos autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría; o en los programas que la Secretaría y la Secretaría de Obras establezcan.</p>
<p>Productos para limpieza y mantenimiento del hogar Contenedor vacío o con residuos, estopas o trapos impregnados, brochas, rodillos, esponjas, etc. Aquellos productos en cuyos envases aparecen los siguientes símbolos</p>   <p>Figura 1 Figura 2</p>	<p>Destapa caños mantenimiento del hogar: Pulidores y limpiadores para metales y recubrimientos. Productos para pulir muebles Quita sarro Pinturas base solvente (aceite) Solventes (thinner y aguarrás) Pegamentos y adhesivos epóxicos Removedor de pintura y barniz Selladores Tintas para madera</p>	
<p>Biocidas Contenedor vacío o con restos del producto y los subproductos contaminados con ellos.</p>	<p>Conservadores de madera Insecticidas Naftalina en todas sus presentaciones Repelente de insectos Raticidas</p>	
<p>Salud-Médico asistenciales</p>	<p>Medicamentos caducos para humanos o mascotas Punzocortantes, venoclisis y material de curación.</p>	
<p>Varios</p>	<p>Pilas y baterías eléctricas a base de mercurio, níquel-cadmio o cinc-plata Asbesto Explosivos (pirotecnia) Lámparas fluorescentes Lámpara o focos ahorradores Productos de revelado fotográficos Productos químicos para albercas Tintes para cabello</p>	

2.1.3 Peligros asociados a la generación de residuos domésticos

Con relación a la salud humana, la generación de residuos domésticos y su gestión inadecuada propicia la presencia de fauna nociva que conlleva al contagio de enfermedades zoonóticas. Si a esta condición se suma la presencia en la mezcla de sustancias peligrosas, hace que la potencial afectación a la salud sea más variada y difícil de predecir: heridas por contacto con sustancias corrosivas, quemaduras producidas por incendios y explosiones

derivados de la reacción entre componentes o la liberación de gases confinados, o la transmisión de enfermedades por contacto con punzocortantes contaminados.

Desde el punto de vista del ambiente, la disposición de residuos en rellenos sanitarios y tiraderos está asociada directamente a la generación de gases de efecto invernadero-GEI como metano y dióxido de carbono, la contaminación de cuerpos de agua por la descarga de lixiviados y el cambio de uso de los suelos. Al igual que con la salud, estos efectos son mas diversos y difíciles de controlar si se le adiciona la liberación de sustancias volátiles y gases comprimidos y el derrame de pequeñas cantidades de sustancias tóxicas, muy comunes en los artículos de uso doméstico.

Hablando de manera general, por corriente considerada dentro de los RPD se pueden hacer las siguientes observaciones con respecto a su generación y sus condiciones de peligrosidad:

- *Médico-asistenciales*

La fecha de vencimiento o de caducidad precisa el tiempo límite en que el producto aún conserva sus especificaciones, desde que se haya almacenado en las condiciones correctas. Es producto de los resultados obtenidos en pruebas de estabilidad, considerando estabilidad como la capacidad de conservar sus propiedades químicas, físicas, microbiológicas y biofarmacéuticas. Actualmente se acepta en todo el mundo el uso de estudios cinéticos y predictivos de estabilidad para establecer las fechas de vencimiento de los productos farmacéuticos.

Una de las variables más significativas en los estudios de estabilidad de medicamentos es la temperatura, en general no deben ser almacenados por encima de los 25°C. Algunas de las propiedades que podrían modificarse en los medicamentos caducos o sometidos a condiciones de almacenamiento inapropiadas y las consecuencias de estos cambios están resumidas en la tabla 2.2

Tabla 2.2 Riesgos asociados a la caducidad o almacenamiento inapropiado de los medicamentos

<i>Propiedades</i>	<i>Consecuencias</i>
Químicas	Cada ingrediente activo puede variar su integridad química y la concentración declarada
Físicas	Pueden alterarse algunas propiedades como la apariencia, uniformidad, grado de disolución o color.
Microbiológicas	Puede afectarse la esterilidad o la resistencia al crecimiento bacteriano
Terapéuticas	Puede modificar la eficacia o los efectos en la salud
Toxicológicas	Puede cambiar el nivel de toxicidad por la formación de otros productos tóxicos

El no usar medicamentos vencidos se basa en aspectos legales, en México la Ley General de Salud en el artículo 233 indica "quedan prohibidos la venta y suministro de medicamentos con fecha de caducidad vencida", sin embargo pocas veces se cuenta con los fundamentos científicos que lo avalen.

- *Cuidado personal*

Los esmaltes y afines suelen contener un trío de sustancias tóxicas compuesto por ftalato de dibutilo, tolueno y formaldehido, indicados en la tabla 2.3 con sus efectos a la salud. Los

productos que están certificados como libres de estos compuestos son denominados internacionalmente como 'three free'.

Tabla 2.3 Sustancias consideradas en la toxicidad de los cosméticos

Propiedades en el producto Características peligrosas	Sustancia		
	<i>Ftalato de dibutilo</i>	<i>Tolueno</i>	<i>Formaldehido</i>
	Agrega flexibilidad y brillo.	Ayuda a mantener la suspensión de color, da un acabado suave	Endurecedor de uñas
	Disuelve otros componentes		
	Toxina con efectos reproductivos y de desarrollo, vinculada con la feminización de los niños	Causa dolor de cabeza, mareo y fatiga; posible toxina con efectos reproductivos y de desarrollo	Irritante y cancerígeno

Fuente: EWG analysis commissioned by the Campaign for Safe Cosmetics

Por otro lado, los perfumes y fragancias contienen sustancias que por patentes de fórmula no están rotulados en el envase y estas pueden ser desde sensibilizantes hasta disruptores endocrinos. En la tabla 2.4 se indican las fragancias con mayor cantidad de compuestos por tipo de sustancia de acuerdo con un estudio realizado por la Campaña por Cosméticos Seguros en Estados Unidos. Este estudio parte del análisis de 91 químicos en 17 productos; los químicos analizados incluyeron 51 que aparecen en el rotulado y 38 que no lo están.

Tabla 2.4 Sustancias potencialmente peligrosas presentes en fragancias y perfumes

Tipo de sustancias encontradas potencialmente peligrosas	Promedio (17 fragancias analizadas)	Producto mas extremo (con mayor número)
Ingredientes químicos (analizados y rotulados)	29	40 Acqua di Gio (Giorgio Armani)
Químicos secretos	14	24 Seventy Seven (American Eagle)
Químicos sensibilizantes (pueden generar reacción alérgica)	10	19 Acqua di Gio (Giorgio Armani)
Disruptores hormonales	4	7 Halle (Halle Berry) y J.Lo Glow (Jennifer López)
Químicos no considerados seguros (por el gobierno o la industria)	12	16 Coco (Chanel) Halle (Halle Berry) y Seventy Seven (American Eagle)

Fuente: EWG analysis commissioned by the Campaign for Safe Cosmetics

Los productos cosméticos faciales como labiales, sombras y rímel contienen metales pesados y otros componentes tóxicos en pequeñas cantidades.

- Limpieza

Los productos de limpieza son compuestos químicos que se identifican principalmente por su pH: los productos con pH neutro (pH cerca de 7) son los detergentes, los que tienen un pH cercano a 0 son ácidos cuya función es desincrustar; y los que tienen un pH que se acerca a 14 son bases cuya función es desengrasar o decapar. Generalmente se usan diluidos en agua y le dan una capacidad limpiadora o mojanante debido a los agentes tensoactivos que contienen. Un detergente es un producto limpiador que no contiene sustancias bactericidas y no se consideran peligrosos para la salud humana en condiciones normales de uso.

Los ácidos inorgánicos se utilizan por su poder desincrustante, sirven efectivamente para disolver sedimentos minerales que provienen de la dureza del agua y grasa y taninos de los alimentos. Los ácidos minerales más utilizados son el ácido clorhídrico, el ácido nítrico y el ácido fosfórico, todos estos ácidos son corrosivos y oxidantes incluso para el acero inoxidable. Los ácidos orgánicos también se utilizan y son mucho menos peligrosos. De las bases, se utilizan principalmente los hidróxidos de sodio y potasio, el primero es el más utilizado por ser económico. Actúan saponificando las manchas de grasa y solubilizándolas.

2.2 Marco legal y normativo de los residuos peligrosos de origen doméstico

En este apartado se pretende dar una visión somera de la legislación relacionada con los residuos sólidos urbanos con competencia en la Ciudad de México, así como la legislación básica de residuos peligrosos con el fin de ofrecer un panorama de lo alcanzado hasta el momento en materia de gestión integral de residuos. En la tabla 2.5 se muestra el compilado de esta normatividad y algunos ejemplos de normas semejantes en diferentes países.

Tabla 2.5 Normograma aplicable al desarrollo del proyecto

<i>Norma Mexicana</i>	<i>Competencia e implicaciones</i>	<i>Normas internacionales similares</i>
<p>Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR):</p> <p>Última reforma publicada DOF 05-12-2014.</p> <p>Reglamento LGPGIR</p> <p>Ley de Residuos del Distrito Federal Última reforma publicada 28-01-2015</p> <p>Reglamento de Ley de Residuos del Distrito Federal Publicado el 07 de octubre de 2008.</p> <p>NMX-AA-015-1985 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI)</p> <p>NMX-AA-019-1985 SCFI</p> <p>NMX-AA-022-1985 SCFI</p> <p>NMX-AA-061-1985 SCFI</p> <p>NOM-052-SEMARNAT-2005</p> <p>NOM-053-SEMARNAT-1993</p> <p>NADF-024-AMBT-2013</p> <p>NOM-018-STPS-2000</p> <p>NOM-189-SSA1/SCFI-2002</p> <p>NADF-024-2013</p>	<p>Clasifica los residuos en tres grandes grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sólidos Urbanos - De Manejo especial - Peligrosos <p>Define las competencias de cada uno de los tres niveles de gobierno:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Federal: Residuos peligrosos en general -Entes federativos: Residuos de manejo especial. -Municipios: Residuos Urbanos y microgeneradores de Residuos Peligrosos <p>El DF le competen tanto las obligaciones de los entes federativos como de los municipios</p> <p>Le asigna a la SEMARNAT la obligación de formular el programa nacional con base en un diagnóstico, administrar las autorizaciones de gestión de los RESPEL y ejercer las sanciones.</p> <p>Obliga a los actores del ciclo de los residuos peligrosos a implementar planes de manejo e incluye su contenido mínimo, principio de responsabilidad compartida</p> <p>Determina las condiciones generales de los planes de manejo de residuos sólidos.</p> <p>Delega a las autoridades municipales, en coordinación con la SEMARNAT, la implementación de planes de manejo para los residuos peligrosos domésticos.</p> <p>Delega responsabilidades en la SEMARNAT, entes municipales, generadores y gestores de RESPEL no domésticos.</p> <p>Solo compete a Residuos no peligrosos y a nivel local. Asigna a la Secretaría la función de emitir normas relacionadas con el manejo de los residuos que son peligro para el ser humano, el equilibrio ecológico y el ambiente</p> <p>A la Secretaría de Obras y Servicios controlar la prestación del servicio de limpia, imponer sanciones desde su competencia</p> <p>A la Secretaría de Salud emitir recomendaciones imponer sanciones desde su competencia</p> <p>A las Delegaciones: Prestar el servicio de limpia, capacitar a los usuarios sobre separación y garantizar los instrumentos para hacerla, imponer sanciones desde su competencia</p> <p>Solo compete a Residuos no peligrosos y a nivel local. Vincula las instituciones educativas como actores en las acciones de gestión de residuos sólidos.</p> <p>Ordena la separación en orgánicos e inorgánicos</p> <p>Para residuos sólidos urbanos: método de cuarteo y toma de muestra y el contenido mínimo del informe</p> <p>Para residuos sólidos urbanos: determinación del peso volumétrico de la muestra obtenida por cuarteo y contenido mínimo del informe</p> <p>Para residuos sólidos urbanos: clasificación y pesaje de los residuos de la muestra obtenida por cuarteo y contenido mínimo del informe</p> <p>Para residuos sólidos urbanos: obtención de la tasa de generación a partir del tratamiento estadístico de los datos de un muestreo estadístico aleatorio</p> <p>Para residuos peligrosos: metodología de clasificación y listados de residuos peligrosos no domésticos</p> <p>Para residuos peligrosos: metodología para realizar la prueba PECT en materiales en los que se desconoce su composición</p> <p>Para residuos sólidos urbanos: criterios para la separación en la fuente, recolección selectiva y almacenamiento en el DF. Incluye la lista de residuos de origen doméstico considerados peligrosos.</p> <p>Para riesgo por sustancias peligrosas: Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.</p> <p>Para elementos de aseo de uso doméstico: rotulado y envasado mínimo de los productos. Requerimientos para materiales peligrosos de uso doméstico</p> <p>Compete a los residuos sólidos urbanos, incluidos los residuos peligrosos domésticos y a nivel local. Establece las condiciones para la separación de los residuos generados en casa habitación.</p>	<p>Europa:</p> <p>Directiva 2008/98/CE: jerarquiza la gestión de los residuos, priorizando la prevención. Establece la actualización de los listados de residuos</p> <p>Directiva 2000/532/CE Lista Europea de Residuos, contempla tanto residuos peligrosos como ordinarios.</p> <p>Orden MAM/304/2002: Acciones de valorización y disposición final de residuos.</p> <p>USA:</p> <p>40 CFR-2003 capítulo 1, subcapítulo I. Parte 239. Requerimientos del sistema de gestión de residuos sólidos en cuanto a diseño y operación para separación en la fuente, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final; así como el marco institucional regional y municipal y la implementación de planes de manejo.</p> <p>Colombia:</p> <p>Resolución 1096 de 2000: Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS2000) Prioriza las acciones a nivel municipal: agua-alcantarillado-residuos. Incluye los requisitos mínimos de los proyectos en cualquier etapa de la gestión de residuos sólidos</p> <p>Decreto 4741 de 2005: Identificación de residuos peligrosos: a través de sus componentes, si pertenecen a los listados o a través de la prueba TCLP</p> <p>Resolución 1188 de 2003: Aceite automotriz usado</p> <p>Planes post-consumo:</p> <p>Medicamentos: Res 0371/2009</p> <p>Pilas y baterías: Res 1297 de 2010 y Res 0372 de 2009</p> <p>Biocidas: Res 1675 de 2013</p> <p>Lámparas: Res 1511 de 2010</p>

La prueba PECT mencionada en la tabla 2.5, es una práctica de laboratorio realizada con el fin de determinar el contenido de contaminantes de un material y así considerarlo como peligroso o no, usualmente se aplica a residuos de origen industrial.

2.3 Estado del arte y estudios previos

Con el fin de tener una idea de los resultados que se pueden llegar a obtener y plantear un panorama de lo realizado hasta el momento en materia de residuos peligrosos domésticos, se revisaron los estudios ejecutados en México y otros países.

2.3.1 Unión Europea

La Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea cuenta con un estudio realizado en 2002 sobre la situación de generación y gestión de los residuos peligrosos domésticos en la región y que abarca los quince Estados miembros y dos Estados agregados, que son Hungría y Bulgaria. Define los residuos peligrosos domésticos como aquellos que podrían potencialmente incrementar las propiedades peligrosas de los residuos sólidos urbanos cuando son dispuestos en rellenos sanitarios, incinerados o compostados. También expone un marco regulatorio y político del manejo de los residuos peligrosos domésticos, compilados en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Marco regulatorio y político de los RPD en países miembros de la Unión Europea

<i>Pais</i>	<i>Marco regulatorio y político</i>
Austria	1990 Acta de manejo de residuos-AWG * Lista de RPD en la revisión 1007 ONORM S2100
Región de Bruselas	Plan de residuos de Bruselas
Región Flamenca	VLAREA del 17 de diciembre de 1997- Reglamento Flamenco avalado
Región de Valonia	Plan de Residuos de Valonia en 2010
Dinamarca	Acta de residuos 1991 * Waste 21 - Plan Nacional Danés para 1998-2001
Finlandia	Acta de residuos 1993
Francia	Decreto del 18 de noviembre de 1996 * Planes Departamentales de Residuos
Alemania	Acta de Cierre de Ciclo de sustancias y residuos (Krw-AbfG)
Irlanda	Plan nacional para el manejo de residuos peligrosos (1999)
Luxemburgo	Acta de residuos de l 17 de junio de 1994
Países Bajos	Decreto para pequeños residuos químicos (1995) * Nueva Política Nacional de Residuos (2002) * Plan nacional de Manejo de Residuos (LAP)
Suecia	Nueva Ordenanza de recolección y disposición de residuos (902)

Fuente: Study on Hazardous Household Waste (HHW) with a main emphasis on Hazardous Household Chemicals (HHC) European Commission – Directorate General Environment (2002)

La metodología seguida consistió en priorizar las sustancias de mayor riesgo para la salud humana y el ambiente, para luego identificar aquellos productos de uso doméstico que podrían aportar estas sustancias. Luego se compiló la información referente a la comercialización de estos productos y la generación de sus residuos en cada una de las naciones objeto de estudio, así como las estrategias de manejo y los impactos generados con una perspectiva de análisis de ciclo de vida. Como resultados se proponen opciones

para minimizar estos impactos y se formulan los estudios de caso para cada tipo de producto. Los resultados y los métodos de la priorización se resumen en la tabla 2.7

Tabla 2.7 Sustancias peligrosas priorizadas en la Unión Europea

<i>Sustancias Químicas priorizadas</i>	<i>Residuos domésticos considerados peligrosos en el EWC (European Waste Catalogue)</i>	<i>Métodos de determinación y priorización de los residuos peligrosos domésticos</i>
Arsénico	Solventes	Método 1. Determinar los productos de uso doméstico que pueden llegar a ser residuo peligroso
Plomo	Acidos	
Cadmio	Bases	Método 2: Revisar las fracciones de residuos generadas y consideradas como peligrosas en los países miembros.
Cromo	Reactivos fotoquímicos	
Cobre	Plaguicidas	Método 3. Análisis de las corrientes contaminantes originadas en el manejo de los residuos sólidos urbanos (emisiones de incineradores, lixiviados)
Niquel	Equipos descartados que contienen fluorocarbonados	
Mercurio	Aceites y grasas adicionales a las mencionadas en (20 01 25)	
Zinc	Pinturas, tintas, adhesivos y resinas que contienen sustancias peligrosas	
PCBs	Detergentes que contienen sustancias peligrosas	
Benceno	Medicinas citotóxicas y citoestáticas	
Tetracloroetileno	Baterías y acumuladores incluidos en 16 06 01, 16 06 02 o 16 06 03 y baterías y acumuladores sin clasificar	
Tricloroetileno	Equipos eléctricos y electrónicos descartados adicionales a los mencionados en 20 01 21 y 20 01 23 que contienen componentes peligrosos	
Cianuro de sodio	Madera que contiene sustancias peligrosas	

Fuente: Study on Hazardous Household Waste (HHW) with a main emphasis on Hazardous Household Chemicals (HHC) European Commission – Directorate General Environment (2002)

El estudio determina que de los 163 millones de toneladas de residuos sólidos municipales generados, los residuos peligrosos domésticos representan alrededor del 1% del porcentaje en peso del total. Las cantidades estimadas por país miembro se encuentran en la tabla 2.8

Tabla 2.8 Cantidades estimadas de generación de RPD por país de la Unión Europea.

<i>País</i>	<i>año</i>	<i>Estimación de generación de RPD (Ton)</i>	<i>Estimación de la generación per cápita de RPD (Kg/hab*año)</i>	<i>Porcentaje del total de RSU</i>
Austria	1999	23,000 – 26,000	2.8 - 3.2	0.8 – 0.9
Bélgica	2000	46,300	3.8	1
Dinamarca	2000	13,600	2.5	0.8
Finlandia	1999	27,000	5.3	1.1
Francia	2000	260,000	4.5	1.2
Alemania	1997	390,000	4.7	1
Grecia	1999	4,500	0.4	0.12
Irlanda	1998	6,800	1.8	0.5
Italia	1997	254,000	4.4	1
Luxemburgo	2000	2,100	5.3	1
Países bajos	2000	35,200	2.3	0.4
Portugal	1998	39,000	3.9	1.1
España	1997	143,000	3.6	1
Suecia	1999	38,000	4.3	1
Reino unido	1999	252,000	4.2	0.9
Total 15 estados miembros		1,500,000		
Hungría	1998	17200	1.7	0.7
Rumania	NI			

Fuente: Study on Hazardous Household Waste (HHW) with a main emphasis on Hazardous Household Chemicals (HHC) European Commission – Directorate General Environment (2002)

2.3.2 Latinoamérica - Colombia

La Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) realizó en 2008 un análisis de la producción de residuos de grandes y pequeños productores en el país, en el cual hacen un consolidado de la información reportada por diferentes municipios en sus Planes de Gestión Integral de Residuos (PGIRS), en la tabla 2.9 se presentan las ciudades capitales incluidas en el análisis.

Tabla 2.9 Composición de los RSU contemplada en los PGIRS-Colombia

Ciudad	Habitantes	Producción per cápita (Kg/hab*día)	Porcentaje de RP
Bogotá DC	6.840.116	0,56	0
Ibagué	498.401	0,66 (Estrato 3)	Sin información
Medellín	2.210.429	0,42 (Estrato 3)	10,67
Neiva	316.033	Sin información	0
Pereira	415.706	0,37	0
San Andrés	77084	0,33	0

Fuente de datos: Arrieta, G (2008)

Se puede concluir de esta revisión que solo en la ciudad de Medellín se contempla la existencia de los residuos peligrosos domésticos desde el planteamiento del PGIRS. Este plan del municipio está basado en un estudio de generación realizado en 2006 que arrojó los resultados de la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Composición de los RSU en Medellín-Colombia

TIPO DE RESIDUO		E1	E2	E3	E4	E5	E6	CORR	Prom %	Prom %
MATERIA ORGANICA	R.alimentos	64.52	59.92	66.42	64.97	55.14	53.54	53.94	62.03	64.82
PAPEL	Poda y jardín	0	1.50	2.68	3.18	7.14	12.98	0.24	2.79	
	Recuperable limpio	0.38	1.32	1.01	1.57	2.29	3.33	1.03	1.32	3.79
	Rec. contaminado	1.00	1.80	2.12	3.18	2.32	3.40	3.50	2.14	
	No recuperable	0.14	0.52	0.15	0.39	0.28	0.25	0.73	0.33	
CARTÓN	Recuperable limpio	0.47	0.70	0.77	0.73	1.02	2.17	1,57	0.82	2.36
	Rec. contaminado	2.90	1.43	1.24	1.42	0.93	1.81	2.02	1.50	
	No recuperable	0	0.01	0.08	0	0.07	0.09	0	0.04	
PLÁSTICO	PET	1.11	0.76	1.04	1.16	1.06	2.27	1.84	1.04	9.01
	PEAD	2.30	3.46	2.49	2.07	2.68	2.22	4.59	2.83	
	PVC	0.98	0.48	0.30	0.35	0.52	0.23	0.60	0.45	
	PEBD	2.62	2.73	1.98	1.93	2.04	1.81	3.20	2.32	
	PP	1.00	1.28	0.84	0.55	0.89	1.21	2.36	1.04	
	PS	0.53	0.67	0.54	0.57	0.72	0.84	1.09	0.63	
	Otros plásticos	0.85	0.75	0.58	0.30	0.51	0.76	2.18	0.69	
VIDRIO	Blanco	1.13	1.96	1.78	1.61	2.31	2.06	2.60	1.85	3.07
	Ámbar	0.67	0.77	0.70	0.41	0.83	1.20	0.60	0.72	
	Verde	0	0	0.11	1.01	0.25	0.14	0.72	0.20	
	Plano	0	0.04	0.02	0.20	0.07	0.06	0	0.05	
	Otros vidrios	0.26	0.36	0.14	0.25	0.20	0.02	0.60	0.25	
METALES	Ferrosos	0.46	0.72	0.75	1.39	0.69	0.88	1.51	0.81	0.95
	No ferrosos	0.05	0.17	0.07	0.09	0.31	0.04	0.06	0.14	
	TETRAPACK	0.59	0.36	0.18	0.19	0.22	0.50	0.60	0.31	0.31
	TEXTILES	4.39	3.01	2.52	0.90	0.80	0.54	1.57	2.42	2.42
	CAUCHO	0	0.03	0.02	0.03	0.05	0	0	0.02	0.02
	CUERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESIDUOS PELIGROSOS	R. pinturas	0.30	0.10	0.43	0.45	0.07	0.16	0	0.26	1*
	Pesticidas	0	0	0.09	0.02	0.02	0.05	0	0.03	
	Biosanitarios	12.87	13.16	9.48	9.67	14.09	2.77	9.43	11.16	11.16
	Ag.limpieza	0	0.25	0.28	0.39	0.17	1.73	0.18	0.30	
	Misceláneos	0.06	0.52	0.39	0.41	0.18	0.53	0.79	0.41	
	OTROS	0.41	1.21	0.80	0.61	2.14	2.39	1.89	1.06	1.09
TOTAL CON MO		100	100	100	100	100	100	100	100	

Fuente: Estudio de producción y caracterización de residuos sólidos urbanos generados en el sector residencial de la ciudad de Medellín y sus cinco corregimientos

* Corresponde a la suma de % de residuos de tipo químico

E: Estrato socio-económico

2.3.3 México

A nivel nacional se han realizado en los últimos años diversos estudios relacionados con la generación de residuos urbanos peligrosos, entre los que se cuentan los realizados en Mexicali (Favela, 2009) y Chihuahua (Sandoval, 2009), cuyas reseñas se encuentran en la Tabla 2.11, así como el último reportado para la Ciudad de México (Rosas, 2000).

Tabla 2.11 Metodología y resultados de algunos estudios específicos previos realizados en México

Lugar de estudio	Metodología utilizada	Resultados globales		Año
		Porcentaje de RP	Categorías	
Mexicali, Baja California	Muestreo en el camión recolector en invierno y primavera y caracterización de acuerdo con la NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-22-1985, Reporta la selección de una muestra representativa por estrato, estratificación apoyada en datos de Planeación Local de siete a tres estratos	4,58%	Mantenimiento automotriz Mantenimiento del hogar Biocidas Productos de limpieza Fármacos Belleza y aseo personal Baterías y eléctricos Otros	2009
Cuatémoc, Chihuahua	Muestreo en hogares seleccionados por estrato por una semana, de acuerdo a la NMX-AA-061-1985	2,83%	Cuidado personal Fármacos y curación Limpiadores Automotriz Plagas y jardín Otros	2009
Distrito Federal	Muestreo en los contenedores de una unidad habitacional, de acuerdo con la NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-22-1985, realizando 10 muestreos en 4 semanas.	0,348%	Mantenimiento automotriz Mantenimiento del hogar Biocidas Limpieza Cuidado personal Envases presurizados Medicinas y curación Pilas Otros	2000

Los resultados porcentuales, agrupados por tipo de residuo peligroso para hacerlos comparables son mostrados en la figura 2.4.

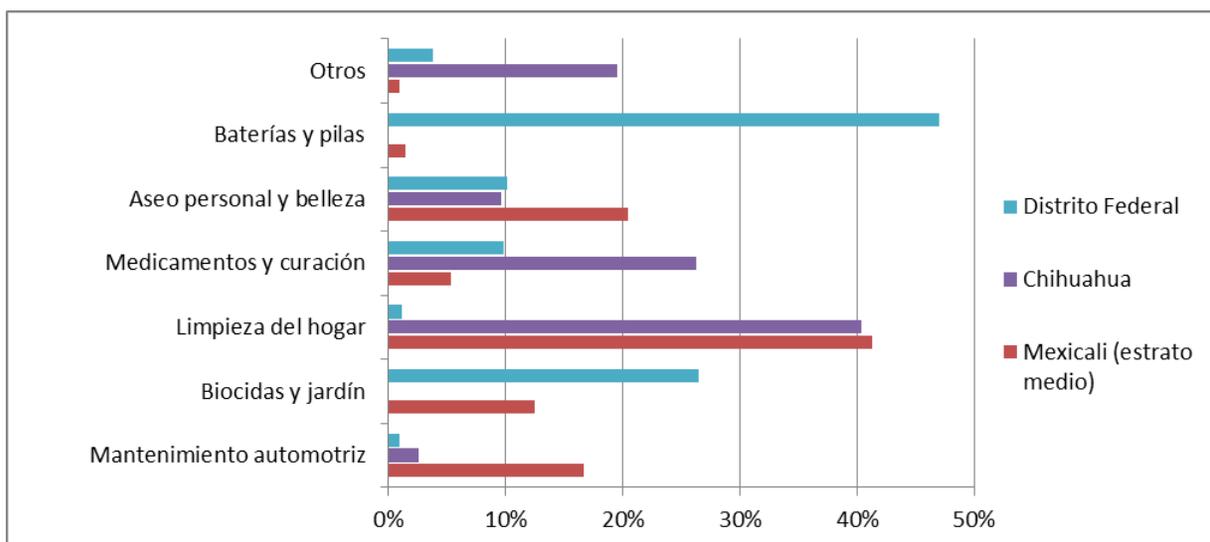


Figura 2.4 Resultados sobre la composición de los RPD en algunos estudios previos en México.

Fuente: datos tomados de Rosas, 2000 Favela, 2009 y Sandoval, 2009

También se han encontrado diversos estudios más recientes dirigidos a la cuantificación y caracterización de residuos sólidos urbanos, que aunque no sean su objeto de estudio, incluyen los residuos peligrosos como una categoría más dentro de la estadística. Ejemplos son el realizado por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana en Xico, Veracruz y por la Facultad de Química de la UNAM en el Distrito Federal, cuyos resultados globales son los consignados en la tabla 2.12.

Tabla 2.12 Porcentaje de residuos peligrosos en estudios no específicos realizados en México

<i>Lugar de estudio</i>	<i>Porcentaje de residuos peligrosos</i>	<i>Año</i>
Xico-Veracruz	0,19	2013
Distrito Federal	0,18	2011

Al comparar los dos tipos de estudio se evidencia que aquellos estudios encaminados a caracterizar la generación de residuos peligrosos domésticos arrojan resultados en porcentajes más altos que las caracterizaciones generales.

2.4 Caracterización de la zona de estudio

Como ya se mencionó, la zona definida para desarrollar el estudio de generación corresponde a la zona de La Merced, no solo por formar parte de la Delegación Venustiano Carranza como una de las más significativas a nivel local en generación de residuos, sino también como parte del desarrollo del Plan Maestro para el Rescate de esta importante zona histórica y comercial de la Ciudad de México.

2.4.1 Antecedentes y desarrollo histórico de la zona

Lo que hoy es la zona de la Merced, en la época prehispánica estaba en medio de dos de los cuatro *calpullis* o barrios de la ciudad sagrada de los aztecas Alzacoalco o Alzacualpan y Zoquipan o Zo-quiapan, también llamado Teopan o Xochimilca, por lo que se afirma que es el barrio más antiguo del Centro Histórico de la Ciudad de México. Fue fundado entre 1312 y 1318 y cubre un área de casi un kilómetro cuadrado y concentra el 40% de las edificaciones más relevantes del centro. Nombrado así desde el siglo XVII por La Iglesia y Convento de Nuestra señora de La Merced. Ya para 1700, muchos de los barrios de la zona pertenecían a la traza de la ciudad, entre ellos San Lázaro, San Antonio Tomatlán, San Ciprián y La Candelaria de los Patos.

Cuando desapareció el mercado del zócalo, los comerciantes se trasladaron a la Merced. Y ahí se establecieron en puestos improvisados que el ayuntamiento les alquilaba. Se puede afirmar que la evolución económica del sector ha sido exitosa, contrario a su desarrollo social, urbano y ambiental. Problemáticas como la inseguridad, la pérdida de identidad y el hacinamiento han generado impactos negativos en el tejido social, en las condiciones de saneamiento, la habitabilidad y funcionalidad de la zona.

Se esperaba que con la construcción de la central de abasto de la ciudad en 1982 la zona recuperara las dinámicas barriales pero no fue así; por el contrario en 2013 se presentó un incendio que deterioró gran parte de la nave mayor del mercado, acentuando las problemáticas sociales y urbanísticas del sector. (Ruvalcaba, 2012)

El Plan Maestro diseñado por el Consejo Consultivo creado con este fin, abarca los enfoques de intervención social, económico, histórico-cultural y ambiental. El desarrollo de este

proyecto se circunscribe en el último enfoque, propiciando el respeto por el entorno y el uso de tecnologías apropiadas que permitan un mayor disfrute del entorno físico reduciendo el impacto y mejorando las condiciones de saneamiento.

2.4.2 Ubicación geográfica y delimitación

De acuerdo con la información brindada por el portal electrónico oficial de la delegación Venustiano Carranza, ésta se ubica al centro-orientado de la Ciudad de México, cuenta con un área superficial de 3342 hectáreas que representan el 2,24% del territorio de la ciudad y tiene los siguientes usos de suelo: habitacional (H), habitacional con oficina (HO), habitacional con comercio (HC), habitacional mixto (HM), industrial (I), equipamiento (E), centro de barrio espacios abiertos (EA) y áreas verdes (AV)

De los anteriores tipos de suelo destaca el habitacional por ser el de mayor superficie y esto se debe a la ubicación que ocupa en el territorio de la ciudad, que es prácticamente el centro donde está todo habitado. La figura 2.5 presenta la ubicación de la delegación en la ciudad y la zona de estudio en la delegación Venustiano Carranza.

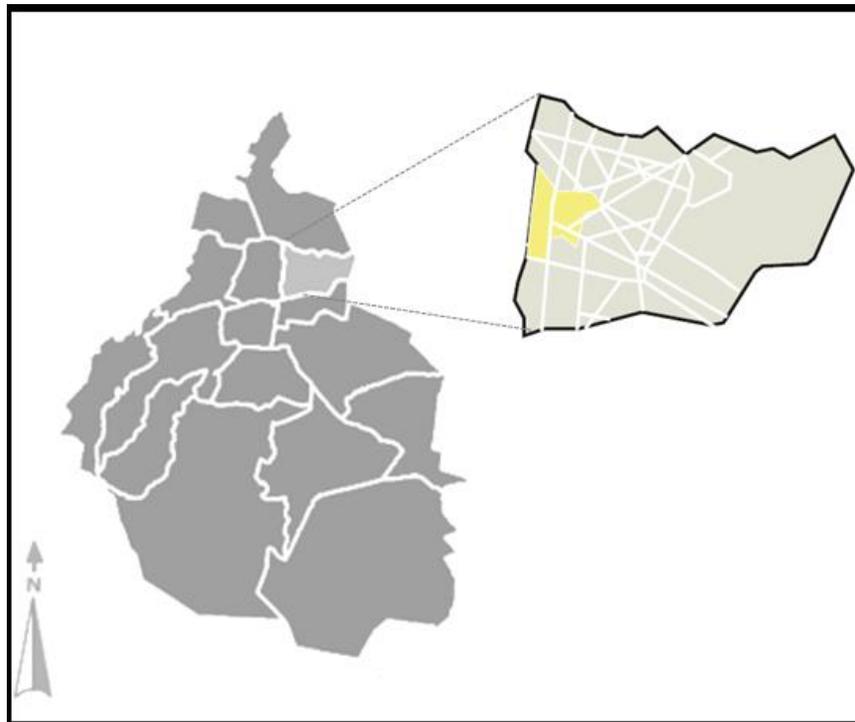


Figura 2.5 Ubicación de la delegación Venustiano Carranza en la ciudad y de la Zona de la Merced en la delegación

Existen diversas delimitaciones políticas, sociales y económicas de la zona de La Merced. Para el desarrollo del Plan Maestro de Rescate de la zona y de este proyecto particularmente, se tomó la delimitación hecha dentro del Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Delegación Venustiano Carranza, Sector La Merced.

En la figura 2.6 se puede observar un plano general de la zona, discriminado de acuerdo con el uso actual del suelo.

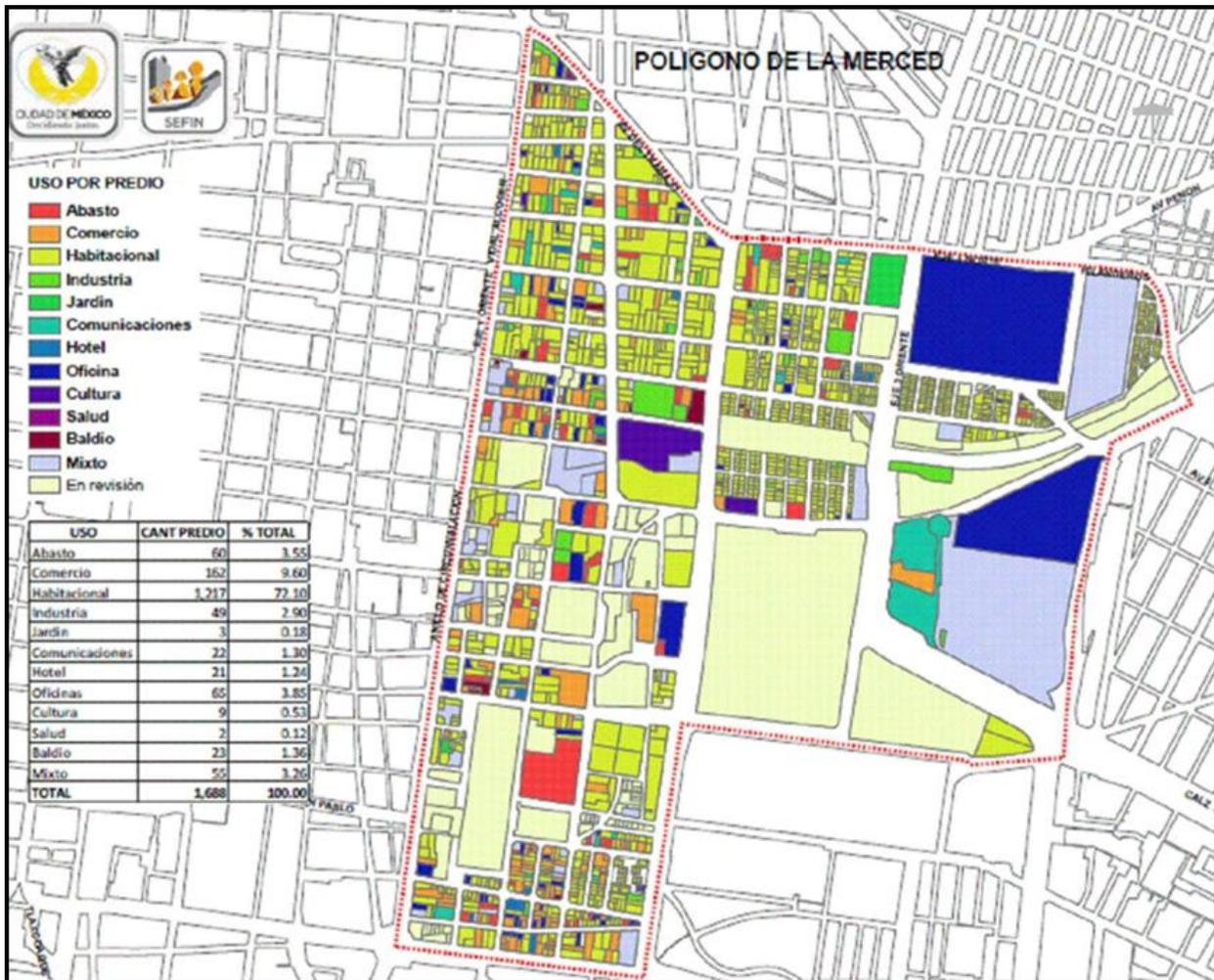


Figura 2.6 Usos del suelo en la Zona de La Merced.

Fuente: Anexo Plan Maestro de Rescate Integral de La Merced

Esta información de la zona de estudio, se tomó como base para la selección de los predios pertenecientes a la muestra, como se expone más adelante.

3 METODOLOGÍA

En este apartado se busca presentar tanto el plan de trabajo para cubrir las actividades macro del proyecto como el diseño del experimento y la secuencia de implementación del mismo. También se indica la metodología utilizada para la evaluación de riesgos.

Existen diversas propuestas metodológicas para la cuantificación y caracterización de residuos sólidos urbanos, algunas evalúan la composición en la disposición o la recolección, ya mezclados y compactados, otras se aplican en la fuente de generación o en las plantas de reciclaje. También difieren sustancialmente en los criterios de muestreo y la clasificación de los residuos. A continuación en la tabla 3.1 se hace una breve reseña de los más conocidos.

Tabla 3.1 Comparativo entre diversos métodos de caracterización de residuos sólidos

	<i>PUNTO DE MUESTREO</i>	<i>TIPO DE MUESTREO</i>	<i>VARIABLES A CONSIDERAR</i>	<i>PARAMETROS ESTADISTICOS DE CONTROL</i>
NORMAS MEXICANAS NMX-AA-15-1985, NMX-AA-19-1985 NMX-AA-22-1985 NMX-AA-61-1985	Fuente de generación: Casa habitación	Toma aleatoria de muestras distribuidas por estrato socioeconómico, su número depende del nivel de confianza y el tamaño de la población.	Estrato socioeconómico, confianza	Tamaño real de muestra, confianza, error aceptado, eliminación de datos atípicos, prueba de hipótesis sobre la media
ASTM	En los camiones recolectores, seleccionados aleatoriamente por día durante una semana	Toma aleatoria de muestras, el número depende de los componentes objeto del estudio, el nivel de confianza y el error esperado	Corrientes objeto del estudio, confianza, error.	Tamaño real de muestra, confianza y error
CEPIS	Dependiendo la necesidad, en la fuente, luego de la recolección o en la disposición final	Toma aleatoria de muestras, su número depende del objeto del estudio, la confianza y el error esperado.	Objetivo del estudio Confianza Error aceptado en los resultados Porcentaje esperado de los componentes	Tamaño de muestra, confianza y error
EPA	Estimación nacional a través de un balance de masa entre lo utilizado, recuperado y dispuesto. Sólo considera muestreo para pequeñas poblaciones	Toma de muestras aleatoria	No indicadas	No indicados

En este estudio se utilizó la normativa mexicana para determinar las tasas de generación y la composición macro, sin embargo al tratarse de la determinación de la fracción de residuos con características peligrosas, se hace necesario traer algunas consideraciones adicionales de los otros métodos que permitan dar mayor precisión a los datos obtenidos.

3.1 Diseño del experimento

El diseño del experimento contempla tres grandes etapas: la identificación de las variables, la definición del universo de trabajo y de la unidad experimental y la selección estadística de la muestra, esquematizadas en la figura 3.1.

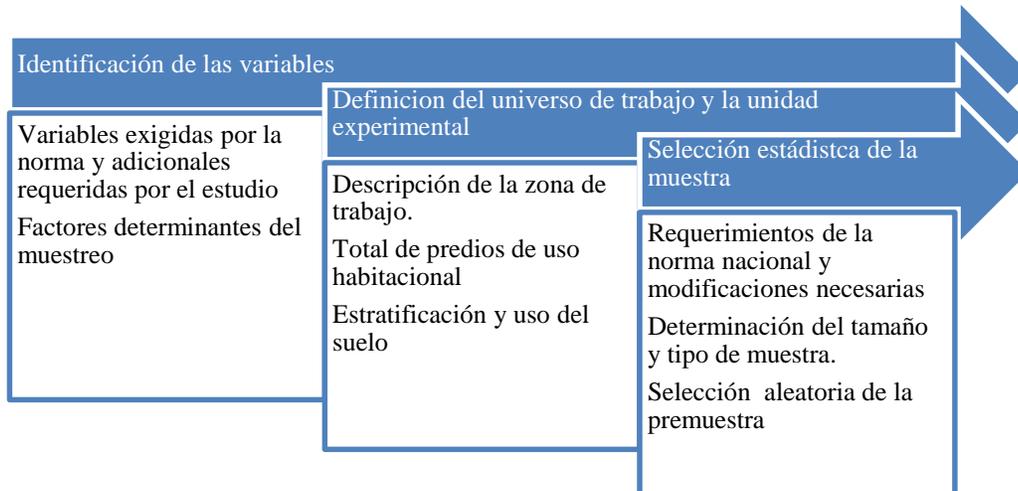


Figura 3.1 Secuencia de diseño del experimento

3.1.1 Identificación de las variables

Se requiere establecer el tipo de información que se desea conocer así como las limitantes y condicionantes de dicha información.

- *Variables exigidas por la normatividad y adicionales requeridas por el estudio*

Las **variables independientes** del estudio de generación son:

- ✓ La unidad de generación: codificada desde la selección de la premuestra
- ✓ El día de la semana en la cual se realiza la caracterización de los RSU colectados
- ✓ El mes del año al que corresponden los RPD colectados.

Las **variables dependientes** son las cantidades entregadas por hogar y los porcentajes correspondientes de las cantidades pesadas de residuos en cada una de las categorías establecidas en la tabla 3.2. Para el estudio de caracterización se tomará la lista de NMX-AA-022-1985, sumada con la lista de residuos peligrosos domésticos de NADF-024-AMBT-2013 y algunos considerados en estudios previos y normativas internacionales no contemplados en estas listas.

- *Factores determinantes del muestreo*

Se refiere a aquellas condiciones, que sin ser parte directa del método de caracterización, pueden influir en los resultados obtenidos.

Se pueden considerar factores determinantes del muestreo los siguientes:

- ✓ El acuerdo de colaboración con los habitantes del hogar
- ✓ Los días en los que se llevará a cabo el estudio
- ✓ La capacitación de los facilitadores y la réplica de la información a los colaboradores en los hogares.
- ✓ La consecución de espacios adecuados para realizar la caracterización in situ, para evitar costos y pérdidas de material por transporte.

Tabla 3.2 Tipos de residuos considerados en el estudio de generación

<i>Tipos de residuos</i>	<i>Categorías de residuos incluidas</i>	<i>Descripción</i>		
Potencialmente peligrosos	Mantenimiento automotriz	Aceite de motor		
		Aditivos para gasolina y aceite Anticongelante		
		Cera para autos		
		Combustibles		
		Limpiador de carburador		
		Limpiador de motor		
		Líquido de transmisión		
		Líquido para frenos		
		Productos para el mantenimiento del hogar	Empastes	
			Pegamentos y adhesivos	
Pintura base agua y base solvente				
Removedor de pintura y barniz				
Selladores				
Solventes				
Tintas para madera				
Conservadores de madera				
Biocidas	Insecticidas			
	Naftalina en todas sus presentaciones			
	Repelente de insectos			
	Raticidas			
	Productos de limpieza	Destapa caños		
		Desinfectantes para baño		
		Grasa para zapatos		
		Pulidores y limpiadores de metales.		
		Limpia azulejos		
		Limpiadores base amoniaco o ácido clorhídrico		
Limpiadores de aluminio				
Limpiadores para hornos				
Productos para pulir muebles				
Quita sarro				
Médico-asistenciales	Medicamentos caducos para humanos o mascotas			
	Elementos de curación			
	Acumuladores, pilas y baterías	Acumuladores, pilas y baterías		
		Baterías ácido-plomo		
		Cuidado personal	Cosméticos caducos	
			Tintes para cabello	
			Otros	Asbesto
				Desodorante de ambiente
				Explosivos (pirotecnia)
				Lámparas fluorescentes*
Lámpara o focos ahorradores*				
Materiales para pintura artística (tubos de pintura)				
Productos de revelado fotográficos				
Productos químicos para albercas				
Radiografías				
Sólidos urbanos	Biodegradables susceptibles de ser aprovechados	Madera.		
		Residuos alimenticios		
		Residuos de jardinería.		
		Hueso.		
		Con potencial de reciclaje	Cartón.	
			Aluminio.	
			Metal ferroso.	
			Metal no ferroso.	
			Papel bond	
			Papel periódico	
Papel destraza				
Otros papeles				
Plástico rígido				
Poliopileno				
Poliestireno				
Polietileno				
Poliethylentereftalato				
Otros plásticos				
Vidrio				
De aprovechamiento limitado	De aprovechamiento limitado	Envases multicapas		
		Cuero.		
		Sanitarios y servilletas		
		Toallas y Pañal desechable		
		Algodón yTrapo (todo desecho textil)		
		Loza y cerámica.		
		Residuo fino		
		Otros		

Adaptado de NADF-024-AMBT-2013

3.1.2 Definición de la unidad experimental y del universo de trabajo

La unidad experimental se refiere al objeto sobre el cual se realizará la medición de las variables; para este caso corresponde a la unidad de generación de residuos: una casa de habitación.

Para la identificación del universo de trabajo y la aplicación de la normativa se requiere tanto la delimitación geográfica mostrada en el capítulo anterior como la estratificación de la zona, para lo que se contó también con el mapa que revela el índice de desarrollo por predio, mostrado en la figura 3.2.

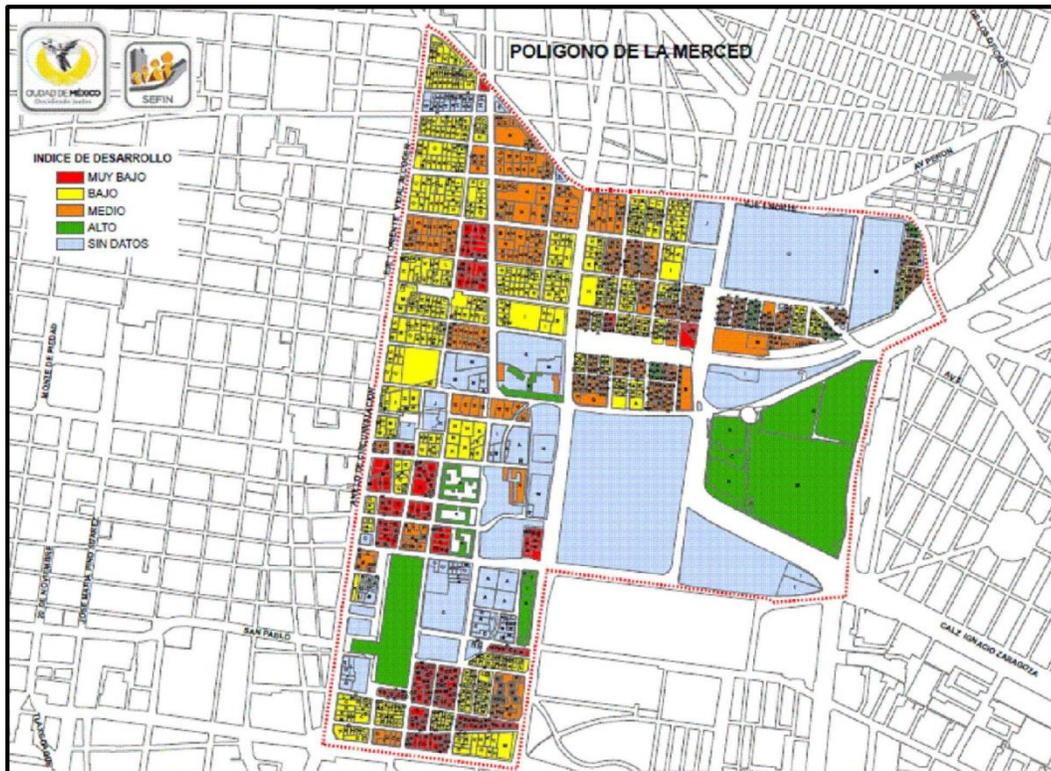


Figura 3.2 Índice de desarrollo en la zona de La Merced

Fuente: Anexo Plan Maestro de Rescate Integral de La Merced

Con el fin de definir y estratificar el universo de trabajo, se siguió la secuencia de trabajo expuesta en la figura 3.3:

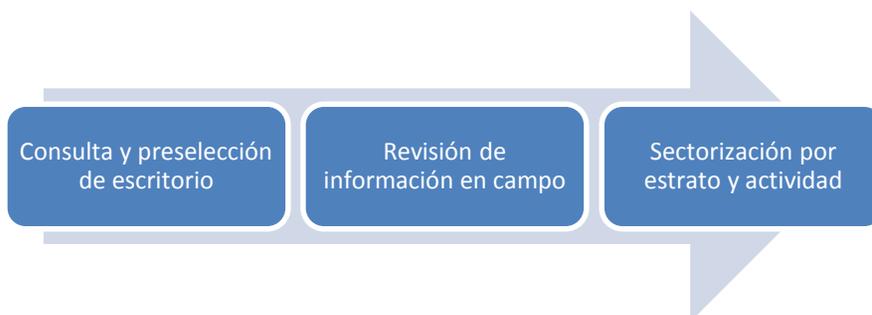


Figura 3.3 Actividades desarrolladas para definir y estratificar el universo de trabajo

- *Consulta y preselección de gabinete*

Con base en los mapas de índice de desarrollo y de uso del suelo, se determinaron las manzanas con características más homogéneas y se enumeraron, con un resultado de 37 manzanas preseleccionadas que conformaran el universo de trabajo, reseñadas y numeradas en la figura.3.4

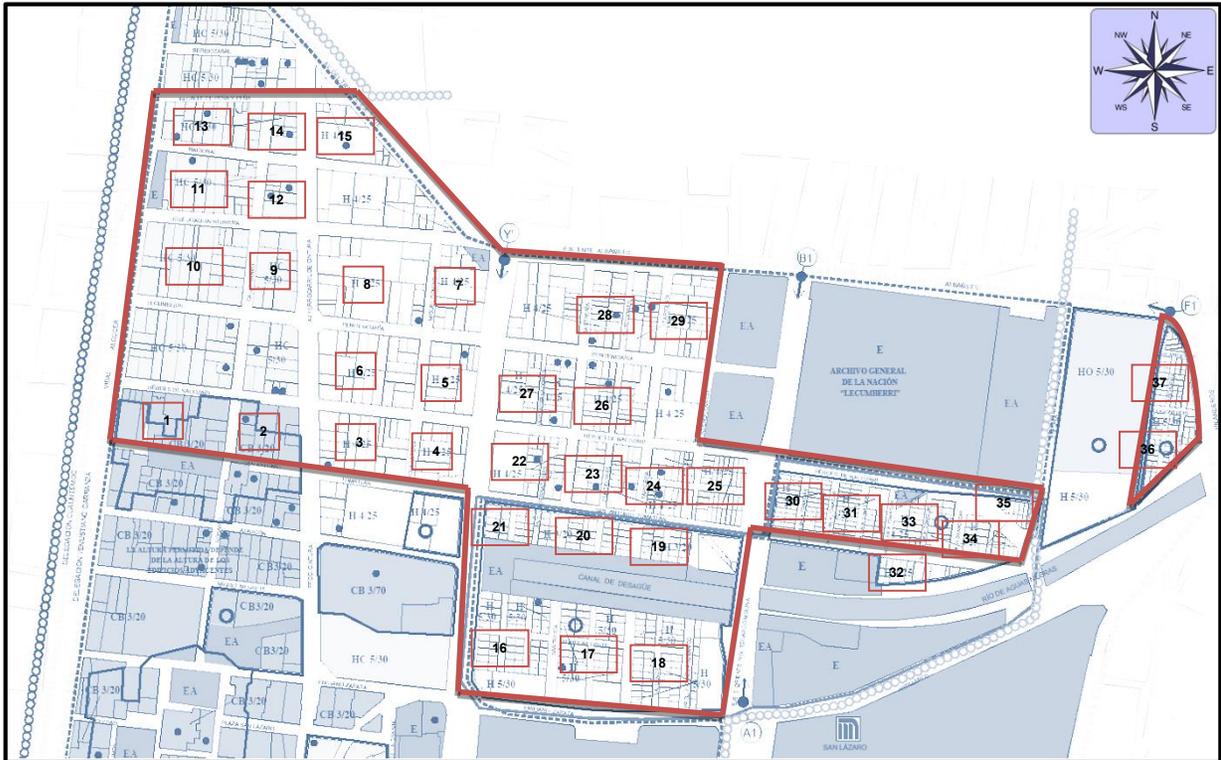


Figura 3.4 Selección de gabinete de las cuadras incluidas en el estudio.

Adaptación-anexo Plan Maestro de Rescate Integral de La Merced

- *Revisión de información en campo*

Con esta panorámica general de la zona potencial se procedió a realizar una serie de visitas, con el fin de establecer las características de cada manzana, relacionadas con el tipo de casa habitación existente. El número de visitas estaría sujeto a los hallazgos realizados.

- *Sectorización por estratos y actividad*

Con el fin de hacer menos subjetiva la definición de los estratos socioeconómicos se decidió acoger los grupos establecidos por la Coordinación de Planeación y Desarrollo Territorial del Distrito Federal, aunque implique considerar un mayor número de grupos de los esperados según la norma. De la observación en campo, se pueden dar las características de estratos de la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Estratificación de casas habitación en la zona de La Merced

<i>Estrato socio-económico</i>	<i>Descripción</i>
Alto	Casas individuales y unidades habitacionales con áreas comunes amplias y cuidadas.
Medio	Unidades habitacionales con áreas comunes cuidadas.
Bajo	Vecindades poco densas y con áreas comunes cuidadas
Muy bajo	Vecindades densas en edificaciones antiguas poco cuidadas.

3.1.3 Selección estadística de la muestra

Como se mencionó anteriormente, aunque se seguiría la metodología propuesta por la norma nacional, está se complementó con algunas consideraciones de las normas de ASTM para dar mayor precisión a los resultados obtenidos.

- *Requerimientos de la norma nacional*

De acuerdo con la NMX-AA-061-1985, para seleccionar el error se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ El conocimiento de la localidad: es limitado a la descripción brindada por las autoridades locales y los recorridos esporádicos del equipo de trabajo.
- ✓ Calidad técnica del personal participante: ya que corresponde a un estudio de maestría, se sugiere el criterio más riguroso.
- ✓ Facilidad para realizar el muestreo: La zona presenta algunas condiciones socioeconómicas que pueden llegar a dificultar el muestreo.
- ✓ Exactitud de la báscula a utilizar: Se cuenta con la báscula de piso y las analíticas digitales del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNAM.

- *Determinación del tamaño y tipo de muestra*

Se decide considerar un error del 5% por lo que se debe seleccionar una premuestra de mínimo 115 unidades de generación por estrato, para una población entre 300 y 500 predios.

De acuerdo con la NOM-AA-61-1985, los predios de la zona deben ser numerados consecutivamente para que de acuerdo con esa numeración se seleccione la premuestra de maneje aleatoria. En los predios seleccionados se hace el contacto con los habitantes para concertar la recolección de sus residuos por ocho días consecutivos.

Para cada recolecta diaria se aplica el método de cuarteo de acuerdo con la NOM-AA-15-1985, excepto para el primer día que se considera de limpia.

Debido a que los porcentajes esperados son tan bajos y que la generación de los residuos a estudiar no es regular, estos resultados se complementaron con encuestas que permitieron conocer la dinámica de generación al interior de los hogares.

3.2 Metodología para la evaluación de riesgos

Al hablar de la salud y el ambiente, el riesgo se identifica como la probabilidad de que un individuo o una población presenten una mayor incidencia de efectos adversos por exposición a un peligro (EPA 2001), o de manera más explícita la probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares (LGPGIR). El riesgo en términos cuantitativos representa el número de afectados por grupo de población expuesta, por ejemplo el número de muertes adicionales por cáncer a lo largo de una vida en una población de un millón de individuos expuestos.

La evaluación del riesgo implica el uso de los datos y observaciones científicas para definir los efectos en la salud o en los ecosistemas causados por la exposición a materiales o situaciones peligrosas (NAS 1983). La evaluación de riesgos requiere la participación de un amplio rango de disciplinas y puede tener distintos grados de complejidad, dependiendo de

su propósito final. Los componentes de una evaluación de riesgos se esquematizan en la figura 3.5.

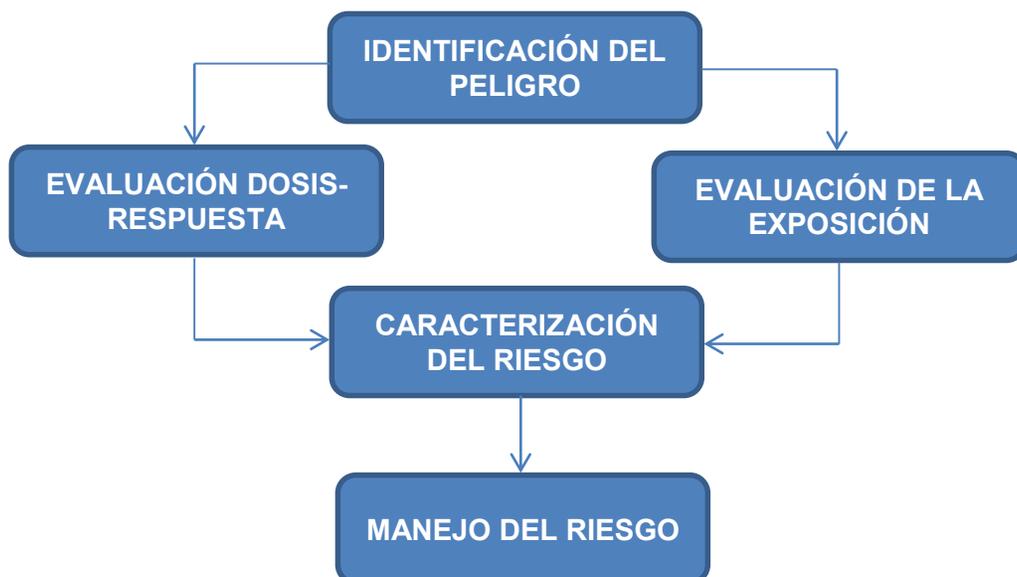


Figura 3.5 Componentes contemplados en la evaluación de riesgos.

Fuente: SEMARNAT-INECC (2003)

3.2.1 Identificación de peligros

Es el proceso de determinar si un compuesto químico está vinculado con ciertos efectos a la salud, como el desarrollo de cáncer o defectos en el desarrollo (NAS 1983). Estos datos en humanos no son siempre fáciles de obtener, generalmente se enfoca a determinar si una sustancia es tóxica para organismos en los que se puedan hacer pruebas de laboratorio y se basa en la revisión de los datos epidemiológicos y/o toxicológicos disponibles.

En términos de la evaluación ambiental, se determinan los factores causantes de estrés ambiental, los efectos ecológicos potenciales y las características del ecosistema en riesgo. Para resumirlo, se desarrolla un modelo conceptual de las rutas de exposición a la sustancia química.

Para identificar los peligros a la salud humana es importante considerar los siguientes conceptos, de acuerdo con la propuesta de SEMARNAT e INECC:

- Toxicidad

Una sustancia química tóxica puede entrar al cuerpo por vía respiratoria, digestiva o dérmica principalmente y puede causar daños en el sitio de contacto o ser absorbida, transportada y distribuida por la sangre hasta alcanzar diversos órganos. El tipo e intensidad de los efectos nocivos dependerán de su concentración en estos órganos, de su forma química y física y del tiempo de permanencia.

Como consecuencia de la exposición a sustancias tóxicas se observa una gama amplia de efectos agudos y crónicos, reversibles o irreversibles; pueden ir desde los más leves como la irritación de la piel o las mucosas, hasta aquellos en los que se afecta el sistema inmunológico o endocrino, se presenta daño hepático, renal o neurológico, alteraciones reproductivas o producir malformaciones congénitas, cambios hereditarios o cáncer.

- *Toxicodinámica*

Para que una sustancia tóxica cause un daño a un organismo se necesita: que el organismo esté expuesto a ella y que la sustancia venza las defensas del organismo. Estos mecanismos de defensa consisten fundamentalmente en disminuir la movilidad del compuesto tóxico a través de las membranas celulares y facilitar su excreción.

El proceso de transporte y transformación de una sustancia tóxica consta de cuatro etapas: absorción, distribución, metabolismo y excreción.

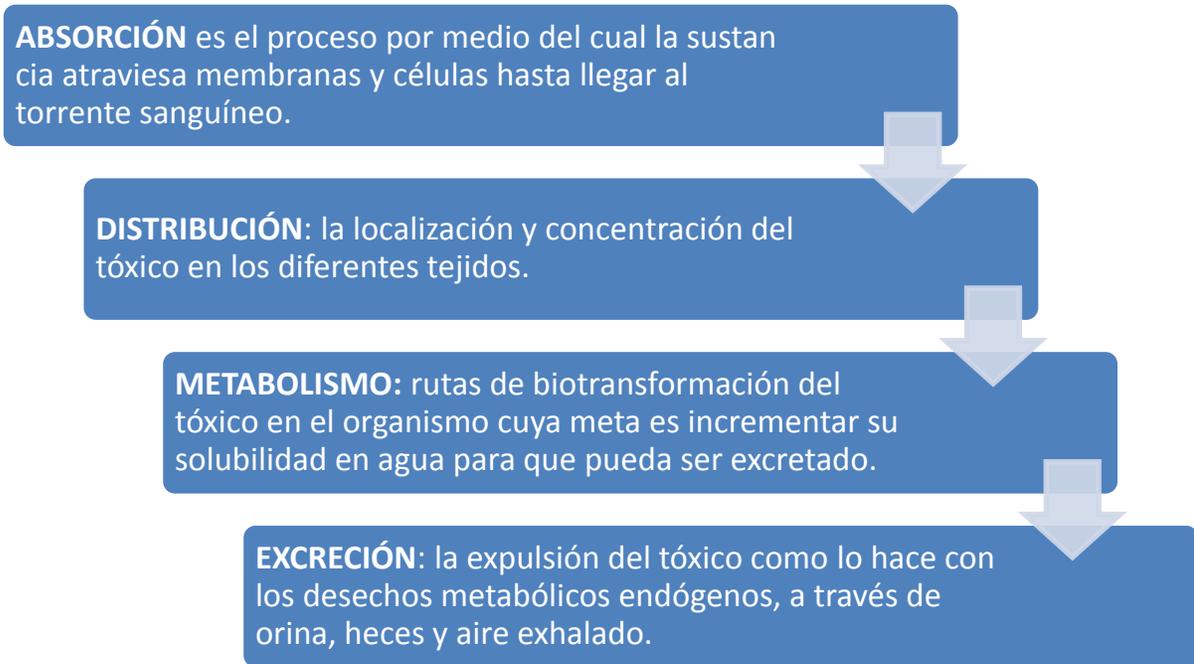


Figura 3.6 Procesos de transformación y transporte de un tóxico en el cuerpo humano

- *La respuesta tóxica*

Las sustancias tóxicas afectan con frecuencia al hígado (hepatotóxicas) porque es el órgano encargado de filtrar la sangre antes de ser bombeada a los pulmones y se encarga de metabolizar las sustancias, convirtiéndolas en otras menos tóxicas y más fácilmente excretables.

Los riñones también tienen por función filtrar la sangre, por lo tanto es susceptible a ser afectado por las sustancias (nefrotóxicas). Las sustancias químicas pueden también ser, tóxicas para la sangre (hematotóxicas) como, el monóxido de carbono o tóxicas para el sistema nervioso (neurotóxicas).

Algunos tóxicos pueden ser genotóxicos o mutagénicos, es decir que son capaces de causar cambios o mutaciones en el ADN: Las mutaciones provocan que la célula no funcione de manera correcta causando en algunos casos su muerte (apoptosis), su división incontrolada (cancer) o problemas que aparecen en el momento del nacimiento (congénitos). Los compuestos capaces de causar cáncer son cancerígenos y los que pueden causar defectos congénitos son teratógenos.

Para identificar los peligros asociados a la generación de residuos peligrosos domésticos, se determinarán las sustancias, agentes o principios activos que le confieren características de

peligrosidad a cada corriente. De estas sustancias se consultarán las siguientes características:

- ✓ Grado de riesgo a la salud, de acuerdo con los criterios y listado de la NOM-018-STPS-2000 y los datos proporcionados en hojas de seguridad
- ✓ Grado de riesgo de inflamabilidad, de acuerdo con los criterios y listado de la NOM-018-STPS-2000 y los datos proporcionados en hojas de seguridad
- ✓ Grado de riesgo de inestabilidad, de acuerdo con los criterios y listado de la NOM-018-STPS-2000 y los datos proporcionados en hojas de seguridad.
- ✓ Riesgos adicionales específicos reportados en hojas de seguridad en caso de existir.

Como la exposición a los contaminantes presentes en los residuos se considera aguda, se tomarán los grados de riesgo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000 (Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo) y a la National Fire Protection Association, NFPA.

En vista que la lista de principios activos es extensa, se priorizarán de acuerdo con las siguientes características:

- ✓ Grados de riesgo según NOM-018-STPS-2000
- ✓ Riesgos adicionales específicos
- ✓ Participación porcentual en peso en la composición de los RPD
- ✓ Ecotoxicidad reportada en hojas de seguridad

Para los criterios sin escala, se asignará una escala de 0 a 4 para hacerlos comparables con los grados de riesgo, a partir de los resultados obtenidos en una consulta a expertos.

Se tomarán las tres sustancias con mayor puntaje para realizar la evaluación: se consultarán las hojas de seguridad para determinar las relaciones dosis-respuesta que permitan determinar el riesgo que generan a la salud humana y al ambiente.

3.2.2 Evaluación de la exposición

La capacidad de una sustancia para causar daño depende de dos condiciones: la toxicidad de la sustancia y el grado de exposición del individuo a esa sustancia. Si no existe exposición entonces no existe riesgo. Se considera exposición al contacto de una sustancia con las barreras del cuerpo (la piel) o los canales de entrada como la boca, las fosas nasales y las lesiones (EPA 1992).

La evaluación de la exposición es el proceso de determinar la ruta y vía de exposición, así como estimar la intensidad, frecuencia y duración del contacto que en su conjunto definen la dosis del tóxico.

- Ruta y vía de exposición

De acuerdo con el INECC, la ruta es el camino que sigue el tóxico en el ambiente desde el lugar donde se emite hasta que hace contacto con el individuo expuesto. Las rutas pueden ser el agua, el aire, el suelo o los alimentos, entre otros. La vía de exposición es el medio por el cual la sustancia entra al cuerpo: vía oral por ingestión de alimentos, agua o suelo contaminado; vía respiratoria por inhalación de gases, vapores y humos o vía dérmica si se absorbe por la piel.

Por otro lado, la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos (ATSDR por sus siglas en inglés) define una vía de exposición como el proceso por el cual una persona está expuesta a contaminantes que se originan en alguna fuente de contaminación. También considera que la exposición tiene lugar cuando existe una vía de exposición completa y que se tiene esta vía completa si se tienen los siguientes elementos:

- ✓ Una fuente de contaminación
- ✓ Medios para que se desplace el contaminante, como las aguas subterráneas o superficiales, el suelo o subsuelo, la atmósfera, el subsuelo, los sedimentos o la biota
- ✓ Un punto de exposición en el cual la persona entra en contacto con el material contaminado
- ✓ Una ruta de exposición como la manera en que los contaminantes se introducen al cuerpo (ingestión, inhalación, contacto cutáneo y absorción cutánea)
- ✓ Una población receptora, personas expuestas o potencialmente expuestas a los contaminantes.

Como se puede ver, las definiciones son contradictorias, para fines de este trabajo se considerará la definición dada por INECC con los aportes de la ASTDR.

Los modelos de exposición usan como variables la sumatoria de las concentraciones en todas las rutas de exposición factibles y la concentración que entra en contacto con el organismo a través de todas las vías posibles.

- *Dosis*

Depende de la intensidad, frecuencia y duración del contacto con el contaminante. Se pueden considerar diversas mediciones de dosis al evaluar la exposición, como la dosis potencial, la dosis aplicada y la dosis interna, entre otras.

La dosis potencial o administrada es la cantidad de la sustancia que entra en contacto con el organismo por cualquiera de sus vías; la dosis aplicada es la cantidad de la sustancia en contacto con una barrera de absorción del cuerpo y disponible para su absorción; la dosis interna es la concentración que logra entrar al cuerpo y la dosis biológicamente efectiva es aquella que entra en contacto con la parte del organismo en donde ocurre el efecto (órgano blanco).

Para los propósitos de la evaluación de riesgos y dosis-respuesta, se usa normalmente la dosis potencial o administrada (EPA 1992).

De acuerdo con la duración, la exposición se puede considerar crónica si implica más del 10% de la vida, subcrónica si dura menos del 10% de la vida o aguda si corresponde a un único día o menos.

Considerando las condiciones particulares de gestión de los residuos en la zona de estudio, se considerarán dos grandes escenarios:

- ✓ El correspondiente a los habitantes de la zona
- ✓ El laboral de quienes se ocupan de realizar la gestión fuera de las unidades habitacionales

Se determinarán las rutas de exposición de los contaminantes prioritarios y se aplicará un modelo sencillo de descarga-dispersión para determinar las concentraciones de exposición en cada escenario.

3.2.3 *Evaluación dosis-respuesta*

El objetivo de una evaluación dosis-respuesta es obtener una relación matemática entre la cantidad de sustancia tóxica a la cual un ser humano está expuesto y el riesgo de desarrollar una respuesta negativa a esa dosis.

Los compuestos tóxicos inducen efectos a través de mecanismos fisiológicos y metabólicos distintos y eso se ve reflejado en la forma de la gráfica dosis-respuesta. Así se pueden dividir a los compuestos tóxicos en dos categorías generales:

- Compuestos tóxicos con umbral o punto a partir del cual se observa un efecto
- Compuestos tóxicos sin umbral o sin un punto claro donde inicie un efecto.

Algunas sustancias pueden ocasionar tanto efectos con umbral como efectos sin umbral. En estos casos lo usual es enfocarse en sus efectos sin umbral ya que la concentración de compuestos tóxicos en el ambiente es generalmente muy baja y además, el proceso de evaluación de riesgo se aborda de manera más conservadora para garantizar la protección de la salud humana.

3.2.4 *Caracterización del riesgo*

En esta etapa se integra la información sobre la toxicidad obtenida de la evaluación dosis-respuesta y los datos de la exposición a la sustancia tóxica. Este análisis permite obtener una base de discusión sobre la naturaleza y alcance del riesgo. La caracterización del riesgo es una de las primeras herramientas a través de las cuales se comunican los resultados de una evaluación de riesgo a las personas encargadas de su manejo, a los tomadores de decisiones, comunicadores y al público en general.

- Caracterización de riesgos de no cáncer: dado que el análisis de dosis respuesta para no cáncer es para identificar un umbral (nivel bajo al que no hay un impacto) la meta de la caracterización de este riesgo es determinar si la exposición cruza este límite representando una preocupación ambiental.
- Caracterización de riesgo de cáncer: El potencial cancerígeno de una sustancia indica la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer en algún momento de su vida en función de su exposición.

Se estimará el riesgo de manera cualitativa en los dos escenarios, a través de la técnica de Análisis Preliminar de Riesgos (APR), teniendo en cuenta la vulnerabilidad particular de la zona y del sistema de gestión de residuos sólidos en la Ciudad de México.

4 DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO

En este apartado se explica como se aplicó la metodología propuesta para el trabajo en terreno: la selección de los predios, el contacto con la comunidad y la recopilación de la información. El equipo de trabajo en campo estuvo conformado por voluntarios de la Maestría en Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

4.1 Verificación en campo de la zona de estudio y ajuste de la muestra

Se realizaron 4 visitas de verificación en terreno, durante las cuales se cumplieron las siguientes actividades:

- Verificación de las condiciones socio-económicas de las cuadras, contrastando con la información de las instituciones consultadas. En la secuencia fotográfica se observa al equipo de trabajo en uno de los recorridos de verificación. (ver figura 4.1)

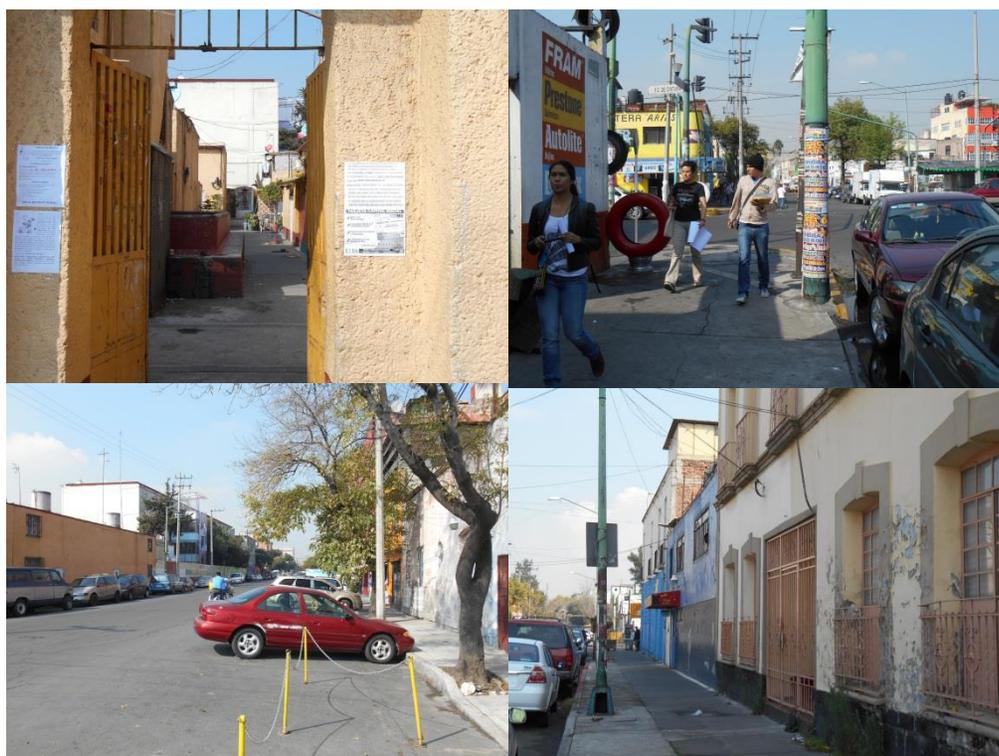


Figura 4.1 Condiciones socio-económicas del sector

- Evaluación de las condiciones técnicas y de seguridad de las manzanas para realizar el muestreo; algunas zonas son de difícil acceso por el tráfico y otras por la presencia de habitante de calle y venta de sustancias ilegales.
- Observación de la dinámica macro de generación y recolección de los residuos sólidos en el sector. En la secuencia fotográfica (ver figura 4.2) se observa la recolección selectiva del personal de barrido, las actividades de recuperación de residuos reciclables por parte de diversos grupos, las condiciones de los camiones recolectores y los malos hábitos de los habitantes, formando tiraderos en las aceras.



Figura 4.2 Condiciones de gestión de residuos del sector

4.2 Selección de la muestra

El estudio se realizó con el estrato bajo, que corresponde al más representativo en número de predios en el sector.

4.2.1 Selección de cuadras en campo

Luego de cuatro visitas a la zona, en las cuales se verificaron las condiciones del sector y la factibilidad de recolección de los residuos generados, se determinó trabajar con las manzanas marcadas en el mapa de la figura 4.1.

4.2.2 Selección de los hogares

La secuencia de actividades para la selección de los hogares fue la siguiente:

- Se numeraron secuencialmente los predios ubicados en las manzanas seleccionadas en escritorio.
- Se seleccionó una premuestra de 120 predios de acuerdo con los requerimientos de la norma para un error aceptable del 5%, aleatoriamente usando la función RANDOM de Excel.
- Se hizo el contacto con las personas de la comunidad en los predios seleccionados, explicando la mecánica del estudio, entregando las bolsas para los residuos y aplicando una encuesta encaminada a identificar el hogar generador.
- Teniendo en cuenta que varios de estos predios corresponden a vecindades y unidades habitacionales se decidió seleccionar al azar tres hogares en el mismo predio en los casos que fuera posible.

- En caso que el predio seleccionado no correspondiera a uso habitacional, se abordaba el predio contiguo.

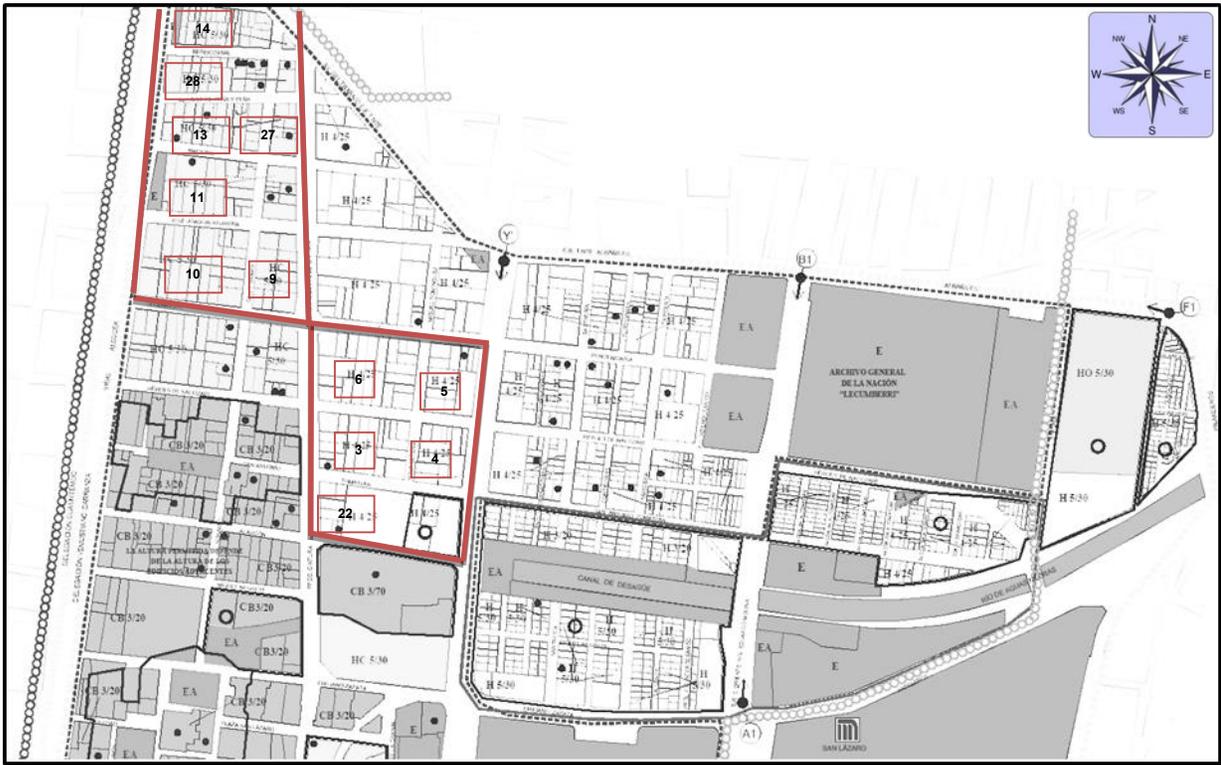


Figura 4.3 Cuadradas definitivas incluidas en la muestra

Adaptación-anexo Plan Maestro de Rescate Integral de La Merced

Se logró hacer contacto efectivo con 112 hogares que se comprometieron a entregar sus residuos día a día y respondieron la encuesta. De estos, varios no entregaron residuos durante la semana que duró el estudio, como se mostrará en los resultados.

4.3 Recopilación de la información

Con el fin de recopilar la información y luego sistematizarla, se diseñó una serie de formatos para diligenciarlos con los datos obtenidos, en cada etapa del estudio.

4.3.1 La encuesta

El primer formato corresponde a la encuesta, que busca tanto identificar la casa habitación como punto de generación como los hábitos familiares relacionados con la producción de residuos peligrosos. Se aplicó en el momento de realizar el contacto con los hogares y explicar el plan de trabajo de la semana de estudio. El formato se puede consultar en el anexo A1. En la secuencia fotográfica (ver figura 4.4) se observa a parte del equipo de trabajo haciendo el contacto con los hogares.



Figura 4.4 Aplicación de la encuesta

4.3.2 *La generación diaria*

Luego de colectados los residuos en las bolsas marcadas con el consecutivo de cada hogar, se llevaron a la estación de transferencia de la delegación Venustiano Carranza para ser pesados, por lo que el segundo formato corresponde a la generación en cada casa habitación; incluye el código de identificación asignado a la fuente, la dirección, el número de habitantes habitual y las novedades que se hallen ese día en particular, el peso de una o más bolsas que hayan sido entregadas ese día y el total en peso.

El instrumento se puede consultar en el anexo A2 y la secuencia fotográfica (ver figura 4.5) muestra las condiciones de recolección de las bolsas rotuladas por hogar y el posterior pesado en la estación de transferencia.



Figura 4.5 Recolección diaria de los residuos y pesaje

4.3.3 Identificación y caracterización de los residuos

En la estación de transferencia se destinó un área nivelada y en concreto bajo techo para realizar el estudio. Luego de pesados, los residuos se retiraron de las bolsas y se mezclaron sobre una lona para realizar el cuarteo y la estimación del peso volumétrico de acuerdo con las normas, por esta razón el tercer formato estuvo destinado a recopilar los datos referentes al cuarteo y peso volumétrico de los residuos obtenidos in situ. En la secuencia fotográfica (ver figura 4.6) se muestra el proceso de mezclado, cuarteo y posterior determinación del peso volumétrico.



Figura 4.6 Mezcla, cuarteo y peso volumétrico 'in situ'

Del cuarteo se seleccionó la muestra de residuos para clasificarlos, por esto el cuarto formato reúne los datos de clasificación de los residuos, priorizando aquellos con características peligrosas. Los formatos de registro se pueden observar en el anexo A3 y la secuencia fotográfica (ver figura 4.7) muestra al equipo de trabajo realizando la clasificación de los residuos.



Figura 4.7 Clasificación de los residuos

La secuencia fotográfica de la figura 4.8 presenta algunos ejemplos de residuos peligrosos encontrados durante el muestreo.



Figura 4.8 Residuos peligrosos encontrados

5 RESULTADOS

El presente estudio recopiló información en diferentes frentes: por un lado el destinado a calcular la generación per cápita de residuos sólidos, identificar las características de peso y composición de estos residuos y caracterizar la generación de residuos peligrosos de origen doméstico; otro a partir de la encuesta aplicada en el momento de contacto, para identificar frecuencia y hábitos de generación de residuos peligrosos y la observación en campo de la dinámica de gestión alrededor de los residuos sólidos en la zona de estudio.

5.1 De la aplicación de la encuesta

El día de contacto con los hogares se aplicó la encuesta, cuyo objetivo fue conocer los hábitos de generación doméstica de los residuos sólidos urbanos y peligrosos en la zona de estudio. Los resultados obtenidos en su aplicación se muestran a continuación:

5.1.1 El gestor de residuos al interior del hogar

Los gestores de los residuos al interior de los hogares, de acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta son mayoritariamente mujeres, como lo muestra la figura 5.1

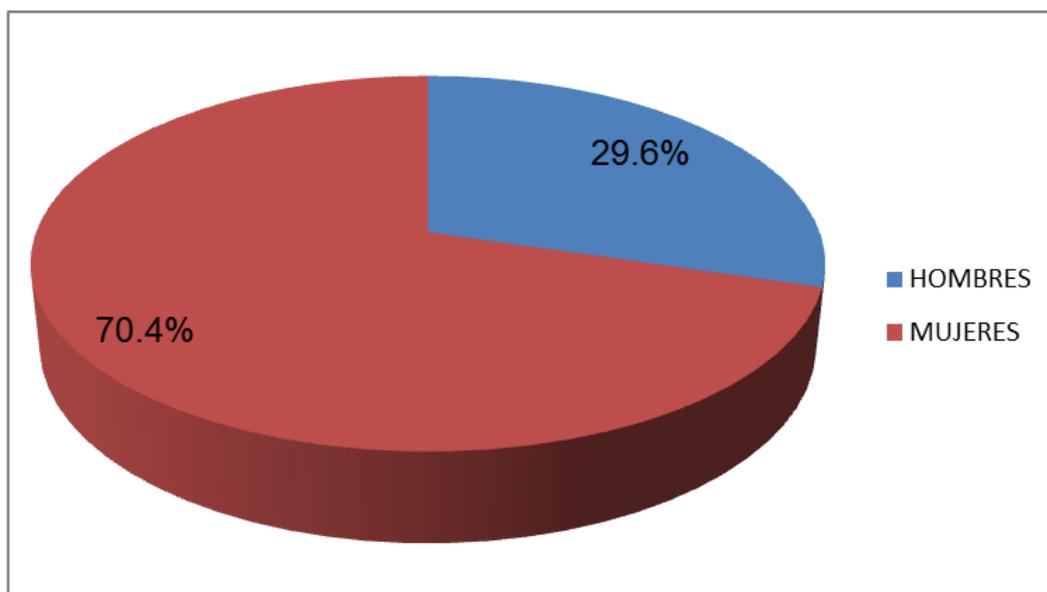


Figura 5.1 Distribución porcentual del los gestores de residuos de acuerdo al género, según los resultados de la encuesta

Con relación al grupo etáreo, la mayoría de estos gestores se encuentran entre los 40 y 60 años de edad, como se observa en la figura 5.2

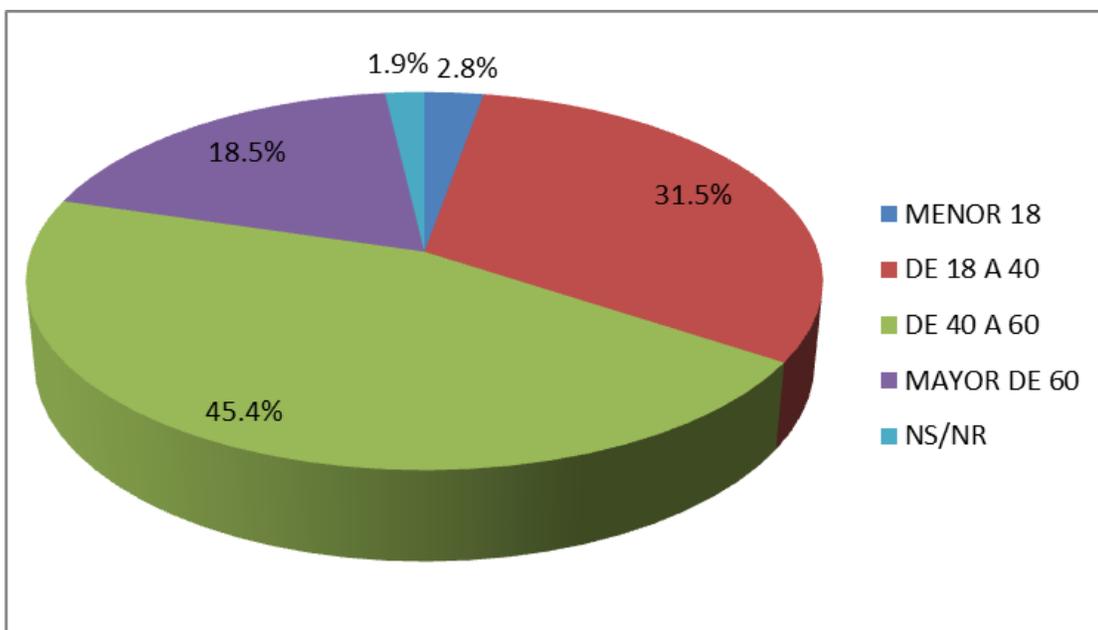


Figura 5.2 Distribución porcentual de los gestores por grupo etáreo, según los resultados de la encuesta
NS/NR: No sabe o no responde la pregunta

Recordando que el estrato en el cual se aplicó el instrumento es el bajo, el nivel de escolaridad de los gestores en el hogar es mayoritariamente inferior a secundaria (61%), y solo un 19% llegó a una preparación universitaria o técnica. Los resultados están en la figura 5.3.

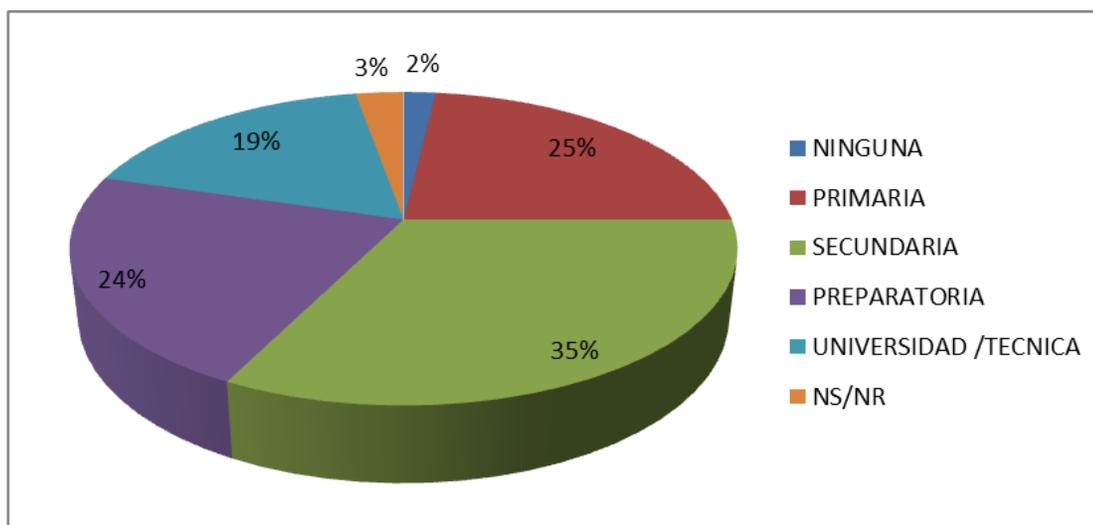


Figura 5.3 Grado de escolaridad alcanzado por los gestores, según los resultados de la encuesta
NS/NR: No sabe o no responde la pregunta

5.1.2 Los medios de comunicación para difundir información de residuos sólidos

La televisión es el medio más receptivo para captar información relacionada con el manejo de residuos, seguido por los folletos y la radio, como se observa en la figura 5.4.

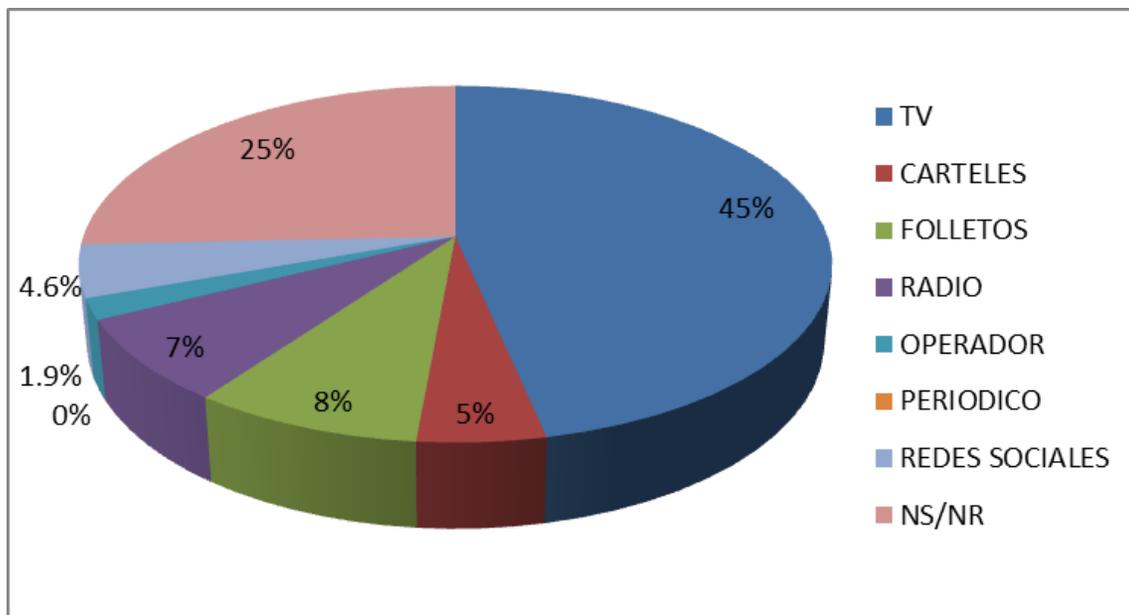


Figura 5.4 Medios preferidos para la comunicación de la gestión según los resultados de la encuesta
NS/NR: No sabe o no responde la pregunta

5.1.3 La percepción de peligrosidad de los residuos

En general las personas tienen conocimiento de la peligrosidad de algunos de sus residuos, sin embargo es de notar que los considerados menos peligrosos son los de cuidado personal y la categoría de otros, que incluye los aerosoles, lámparas fluorescentes y focos ahorradores. Los resultados por corriente se encuentran en la figura 5.5.

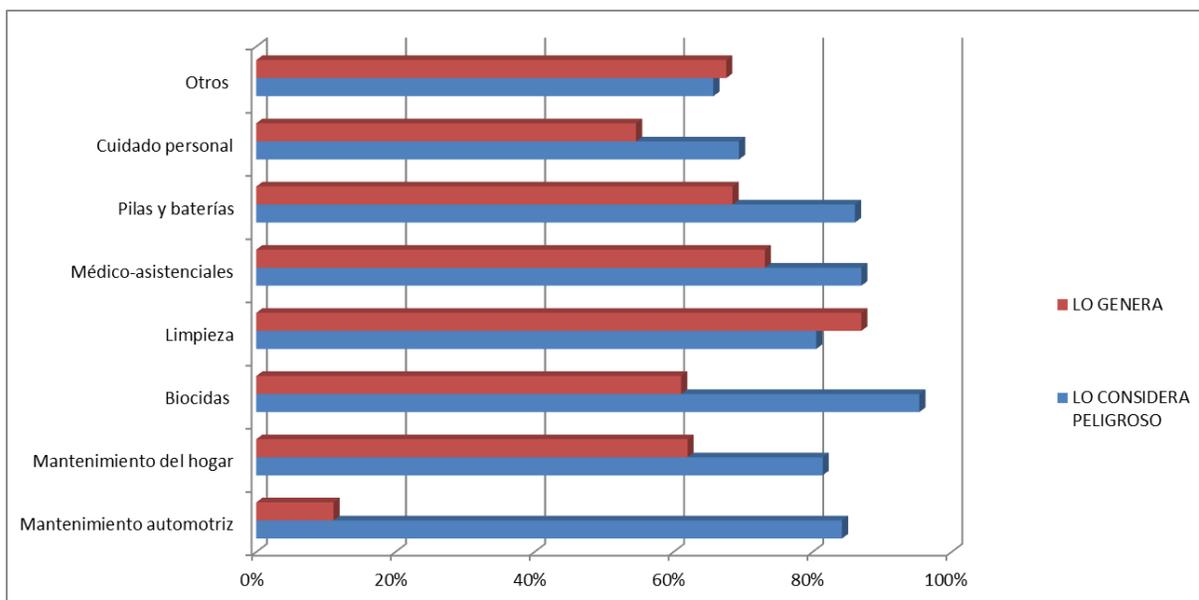


Figura 5.5 Generación y percepción de peligrosidad de los residuos, según los resultados de la encuesta

5.1.4 La frecuencia de generación de los RPD

Los porcentajes de respuesta para cada una de las opciones de frecuencia en la encuesta, se encuentran representados en la figura 5.6

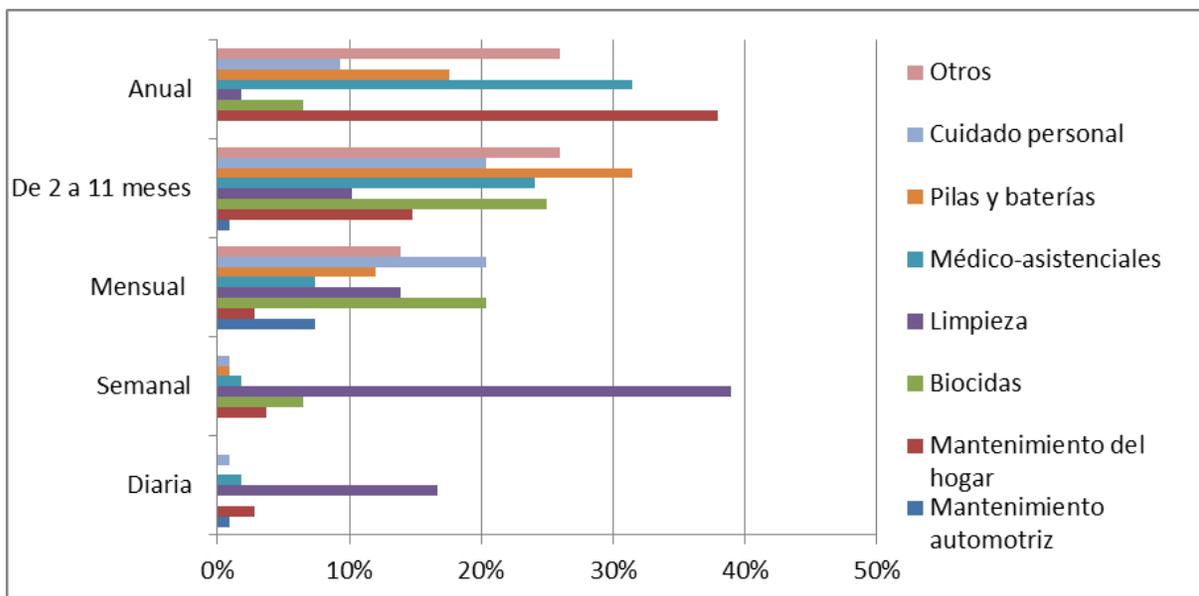


Figura 5.6 Frecuencia de generación de los residuos peligrosos según los resultados de la encuesta

De esta figura 5.6 se puede concluir:

- Los residuos de mantenimiento automotriz no se generan de manera significativa, solo dos hogares contaban con vehículo
- Los residuos del mantenimiento del hogar se generan cada seis meses o cada año
- Los envases de biocidas se descartan en la mayoría de casos, cada seis meses
- Los residuos de limpieza del hogar son los que se generan a diario en un número significativo de hogares pero su frecuencia habitual de generación es mensual.
- Los residuos médico-asistenciales se producen con una frecuencia entre 1 y seis meses
- Las pilas y baterías se descartan en la mayoría de hogares cada tres a seis meses
- Los residuos de cuidado personal se generan con una frecuencia entre uno y seis meses
- La categoría de otros, que incluyen focos ahorradores y aerosoles, tiene una frecuencia de generación entre tres meses y un año.

5.1.5 Las actividades de separación en la fuente de los RPD

En la encuesta se incluyó la pregunta sobre si los residuos potencialmente peligrosos generados eran almacenados juntos o separados antes de ser recogidos por el servicio de limpia. Las opciones contempladas fueron las siguientes:

- Se almacenan juntos desde el momento de la generación hasta la recolección por parte del camión.
- Los almacenan separados de los demás residuos.
- No los almacena, espera para desecharlos justo en el momento de la recolección.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 5.7

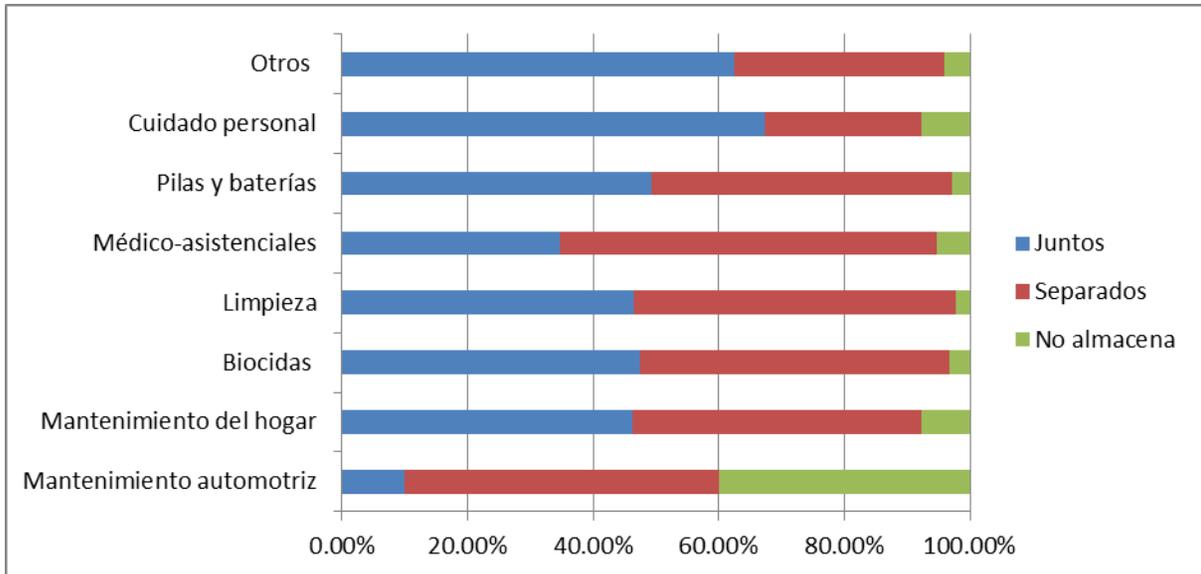


Figura 5.7 Formas típicas de almacenamiento temporal según los resultados de la encuesta

De estos resultados se puede observar que en general no es extraño para los generadores la práctica de separar este tipo de residuos del resto de residuos domésticos; el mínimo de separación se presenta con los originados por el uso de productos de cuidado personal, alrededor del 20%; mientras que otras corrientes como los médico-asistenciales superan el 50%.

5.1.6 Las formas habituales de disposición de los RPD

En la encuesta también se indagó sobre el destino final que se le da en los hogares a los RPD. Las opciones contempladas fueron las siguientes:

- Se desechan con los demás y de la disposición se encarga el servicio de limpieza
- Se entregan a un programa público o privado que impide que llegue a los sitios de disposición final
- Se vende a terceros.

Dentro de los programas privados que se encontraron está la recolección de pilas por parte de una ferretería de la zona y la venta a granel de productos de limpieza que se hace reutilizando los envases. Los resultados se muestran en la figura 5.8

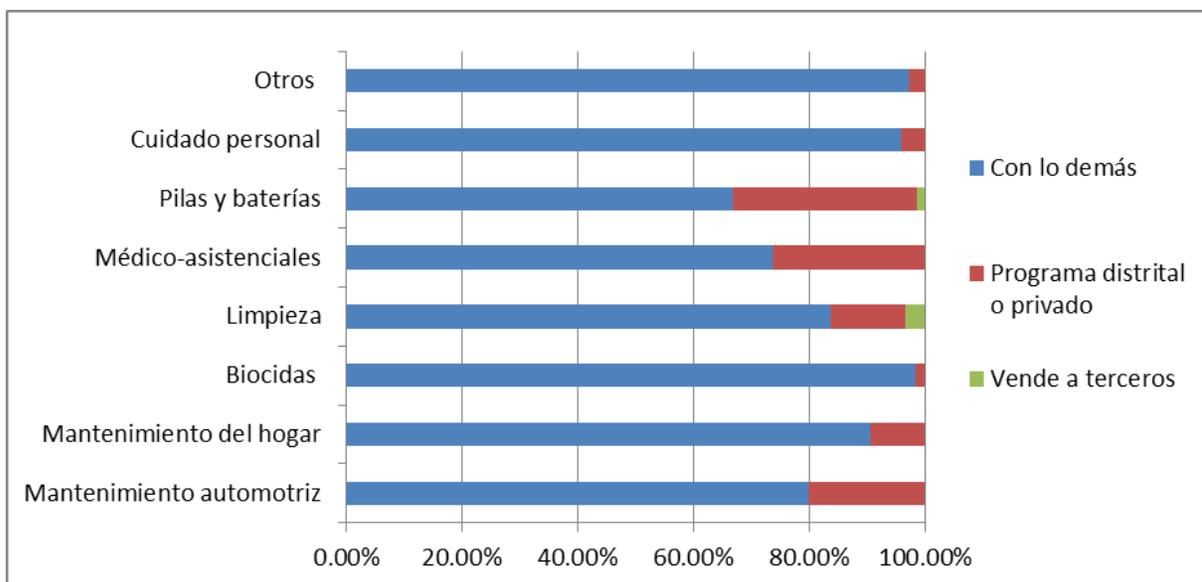


Figura 5.8 Forma típica de disposición final de los RPD, según los resultados de la encuesta

De los resultados se puede decir que:

- Para todas las corrientes, más del 60% se dispone en los rellenos sanitarios
- Las corrientes que tienen mayor participación en programas públicos o privados de recuperación son las pilas y los médico-asistenciales.
- Los envases de productos de limpieza y las pilas son comercializadas con terceros en centros de acopio que no garantizan su correcto manejo y recuperación.

5.2 En las visitas de campo

Con relación al último de los objetivos de las visitas de campo: conocer las condiciones particulares de vulnerabilidad en la zona de estudio; se encontraron las condiciones relacionadas con la gestión de los residuos en la zona, relatadas en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Hallazgos en campo sobre la gestión de los RSU

Punto de la gestión	Características
Generación	Pese a estar conformada por varias unidades habitacionales, los residuos se entregan en prácticamente todos los casos por unidad familiar.
Almacenamiento	Las unidades habitacionales tipo vecindad no cuentan con punto de acopio de sus residuos, así que de manera temporal varios los almacenan en la entrada de su vivienda. Otros la sacan a tiraderos temporales en la acera
Recolección	El camión recolector pasa todos los días en la mañana, parte del sector incluso dos veces, sin embargo los usuarios deben pagar a los encargados de barrido y otros voluntarios para que saquen los residuos hasta la parada fija del camión. En contraste, por la zona menos densamente poblada no pasa el camión recolector y ellos también pagan a voluntarios para que se lleven la basura
Transporte	El transporte se realiza en camiones compactadores que cuentan con un solo operario que corresponde al conductor. Si hay personal adicional es voluntario y no forma parte del servicio

5.3 Recolección diaria de los residuos sólidos

El objetivo de la información recopilada es calcular la generación promedio por persona, en kilogramos por habitante-día. Con este fin se siguió la metodología planteada en la norma NMX-AA-061-SCFI-1985. Luego del contacto, de los 112 hogares comprometidos se descartaron para el análisis seis que no informaron del número de habitantes, ya que esto no permite realizar los cálculos de generación. Con relación a la entrega, no se recibieron residuos de siete hogares y de los demás entre uno y siete, como muestra la figura 5.9.

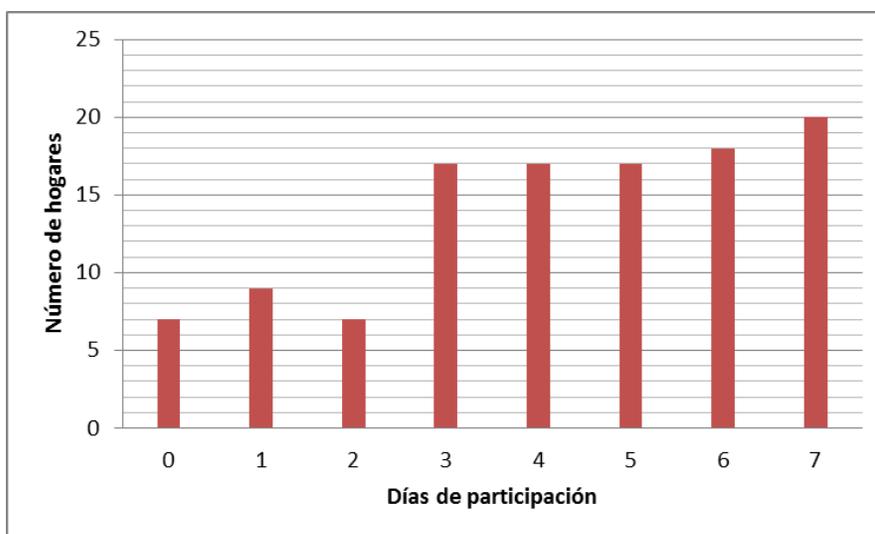


Figura 5.9 Días de participación de los hogares en el estudio

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente y se presentarán en el análisis de resultados.

5.4 Identificación y composición de los residuos sólidos generados

Como se comentó en la aplicación de la metodología, se realizaron pruebas para determinar el peso volumétrico y la composición de los RSU.

5.4.1 Cuarteo y peso volumétrico de los residuos

Los valores consolidados de los siete días se encuentran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Resultados diarios de cuarteo y peso volumétrico de los RSU

Resultados	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Cantidad de residuos sólidos para el cuarteo (kg)	159.736	147.007	163.088	154.419	84.008	110.582	127.389
Cantidad de residuos sólidos para selección de subproductos (kg)	50	19.55	31.35	31.65	29.35	26.45	28.35
Peso neto de los residuos en el recipiente (kg)	20.95	19.55	31.35	31.65	29.35	26.45	28.35
PESO VOLUMÉTRICO 'IN SITU' DE LOS RESIDUOS (kg/m ³)	104.75	97.75	156.75	158.25	146.75	132.25	141.75

El peso volumétrico promedio es de 134.04 kg/m³, con una desviación estándar de 24.155 kg/m³.

5.4.2 Composición de los residuos sólidos

De acuerdo con la norma NADF-024-AMBT-2013, se propone la clasificación de los residuos sólidos urbanos en las categorías mencionadas en la figura 5.10.

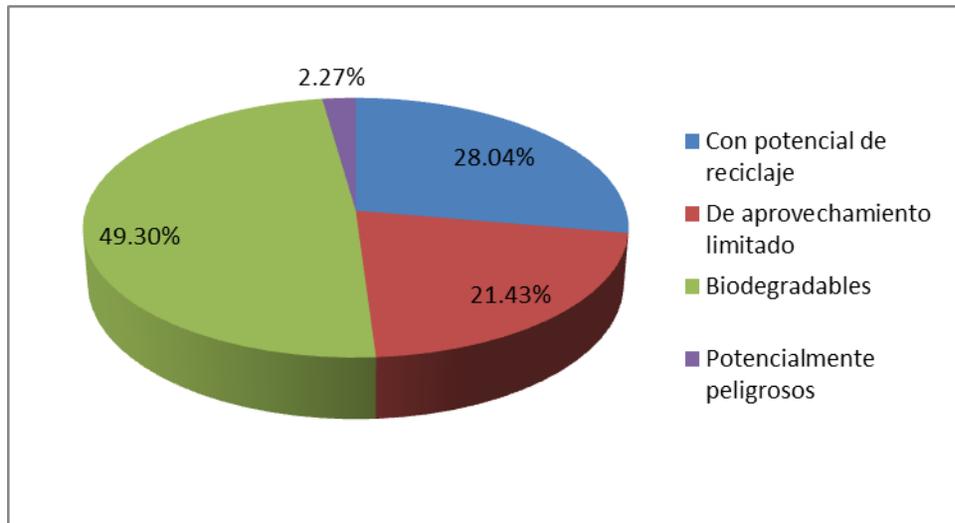


Figura 5.10 Resultados obtenidos para la composición de los RSU, por categorías

- Residuos potencialmente peligrosos

Conforman en promedio el 2.3% del total y están distribuidos como lo muestra la figura 5.11, donde se puede notar que los más producidos son los médico-asistenciales seguidos de los productos de limpieza y cuidado personal y sus envases.

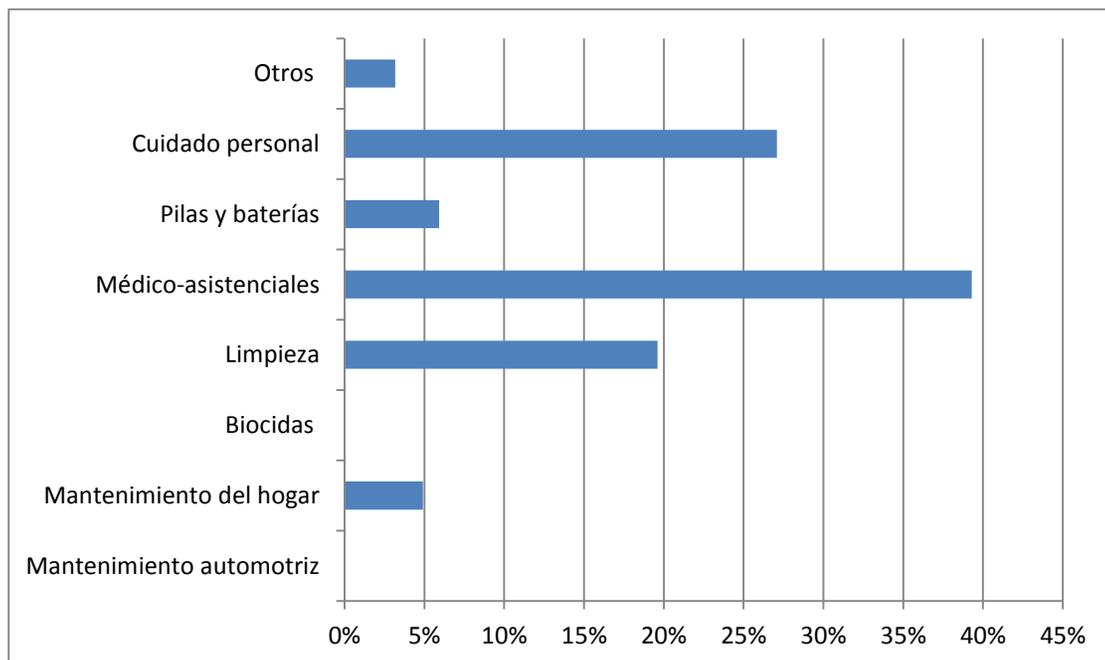


Figura 5.11 Resultados obtenidos para la composición de los residuos potencialmente peligrosos

Los *médico-asistenciales* están conformados principalmente por medicamentos caducos como los antibióticos (amoxicilina) y analgésicos (paracetamol), sus envases y elementos de curación. Los de *cuidado personal* por cosméticos dados de baja, no necesariamente caducos (esmaltes y otros faciales) y envases de tinte para el cabello. Los *productos de limpieza* por envases de productos de limpieza a base de hipoclorito de sodio y amoníaco.

- *Residuos no peligrosos*

Los *biodegradables*, que representan poco menos del 50%, están conformados por residuos de alimentos, de jardinería, hueso y madera, distribuidos como se muestra en la figura 5.12.

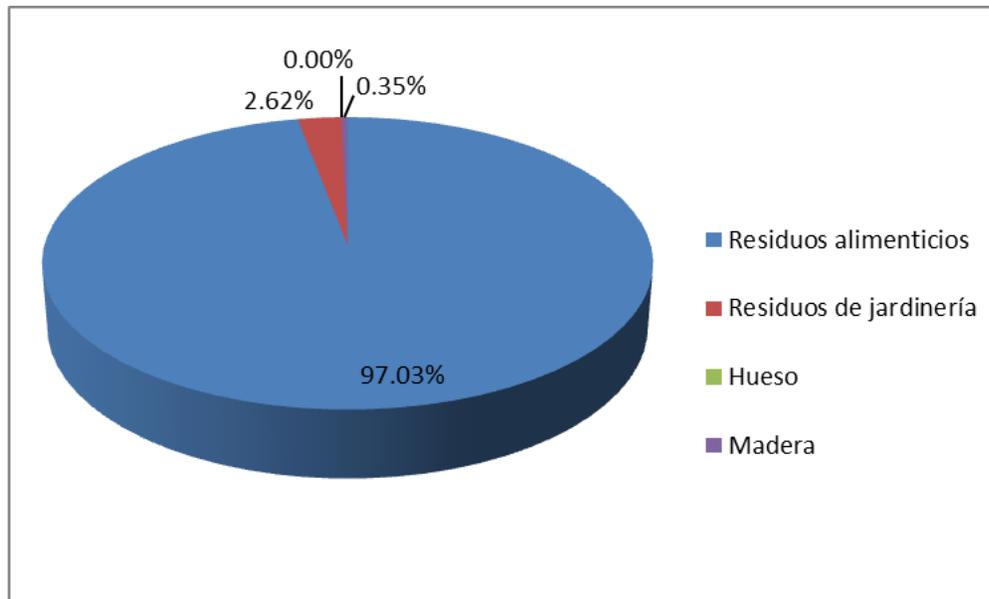


Figura 5.12 Resultados obtenidos para la composición de los residuos biodegradables

Los *residuos con potencial de reciclaje* más generados son básicamente plásticos como el Polietileno y el PET, vidrio y envases multicapas como el tetrapack, como se evidencia en la figura 5.13.

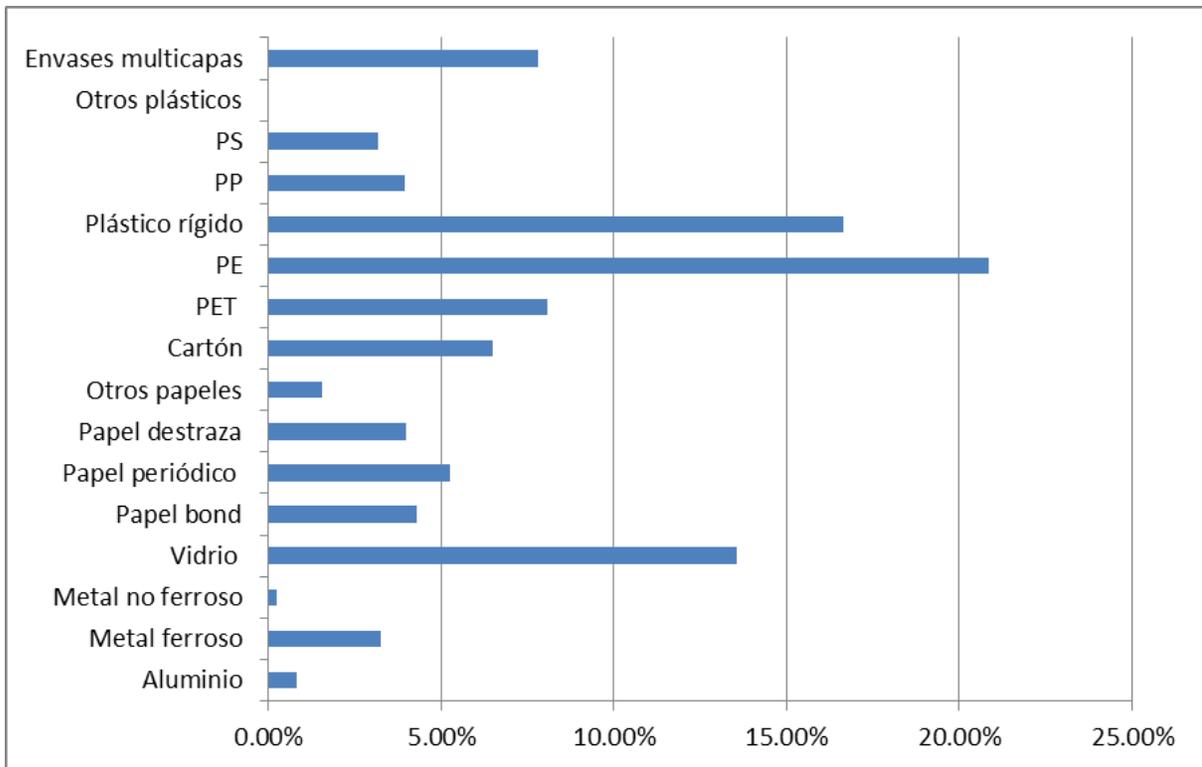


Figura 5.13 Resultados obtenidos para la distribución porcentual de los residuos con potencial de reciclaje

Los residuos de aprovechamiento limitado según la NADF-024-AMBT-2013 son aquellos como el trapo, la loza y los sanitarios que no tienen uso como materia prima de algún proceso, se muestran en la figura 5.14, conformados en su mayoría por pañales además de sanitarios y servilletas.

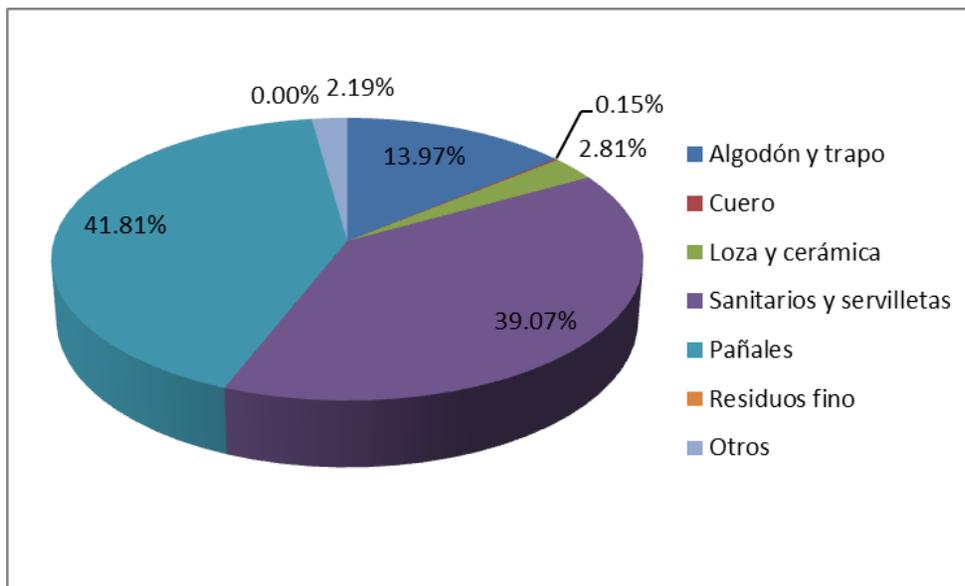


Figura 5.14 Resultados obtenidos para la distribución porcentual de los residuos con aprovechamiento limitado

6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con los resultados obtenidos en campo, se realizaron diversos análisis, como el cálculo de la generación per cápita, y la evaluación de riesgo.

6.1 Análisis estadístico de la generación per cápita

Los parámetros estadísticos seleccionados, de acuerdo con la NMX-AA-061-SCFI-1985 son los listados en la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Parámetros estadísticos tomados para el estudio de generación

Parámetro	Símbolo	Valor
Riesgo	α	0.05
Tamaño de la muestra	Np	120 hogares
Error muestral	E	0.04 kg/(hab*día)

6.1.1 Prueba de normalidad

Los datos obtenidos para los 105 hogares participantes se encuentran en el gráfico de puntos de la figura 6.1

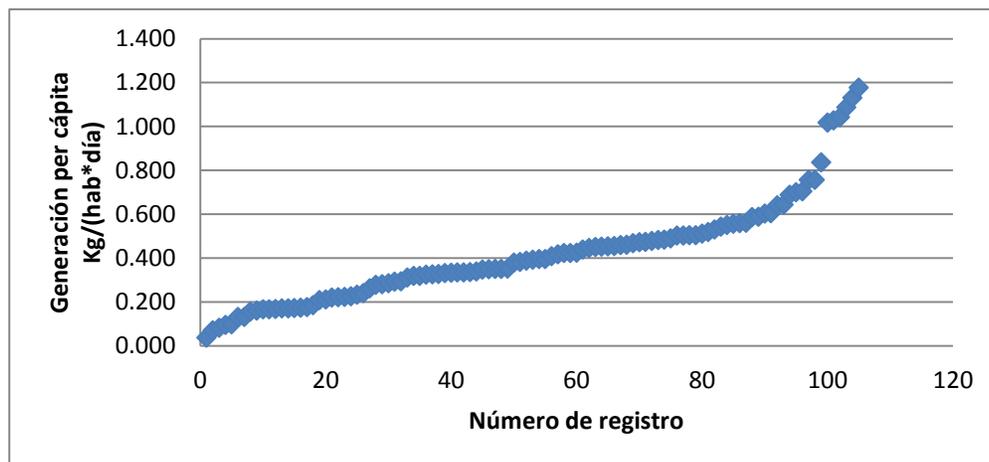


Figura 6.1 Serie de datos obtenidos para la generación per cápita

Para verificar que esta serie de datos tiene un comportamiento normal, como lo supone la norma NMX-AA-061-SCFI-1985 se calcularon los parámetros indicados en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Parámetros estadísticos que permiten evaluar normalidad de la serie de datos

Parámetro	Valor en la serie	Observaciones
Media	0.419	Estos valores deberían ser muy cercanos si la serie tuviera un comportamiento normal y no lo son. No hay moda
Mediana	0.392	
Moda	#N/A	
Desviación estándar	0.234	El máximo y mínimo reales no se acercan a los que debería ser si la serie tuviera comportamiento normal
Mínimo Real/mínimo normal	0.038 / -0.282	
Máximo real/máximo normal	1.177 / 1.120	
Curtosis	1.796	Para una serie con distribución normal debe ser cercano a 3, un valor menor indica que los datos son mas dispersos que para una distribución normal
Coefficiente de asimetría	1.187	Para la distribución normal es cero, un valor positivo indica una cola a la derecha

Esto indica que la serie seguramente no tiene una distribución normal. Para determinarlo gráficamente se realizó el histograma de la figura 6.2.

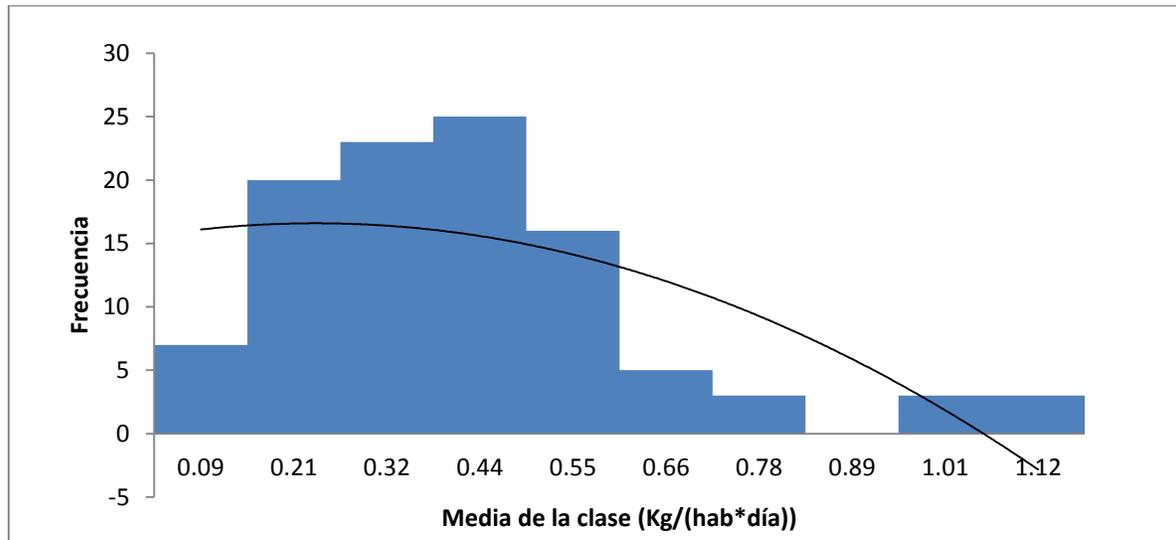


Figura 6.2 Histograma de la serie de datos

La línea de tendencia muestra que efectivamente el comportamiento se aleja de la normalidad y tiene una cola a la derecha.

La última prueba de normalidad se muestra en la figura 6.3, en las abscisas se indica el valor teórico de acuerdo con una distribución normal en el intervalo (-5,5) y en las ordenadas el logaritmo en base 10 de los datos obtenidos. Para condiciones de normalidad esta gráfica se ajusta a una línea recta.

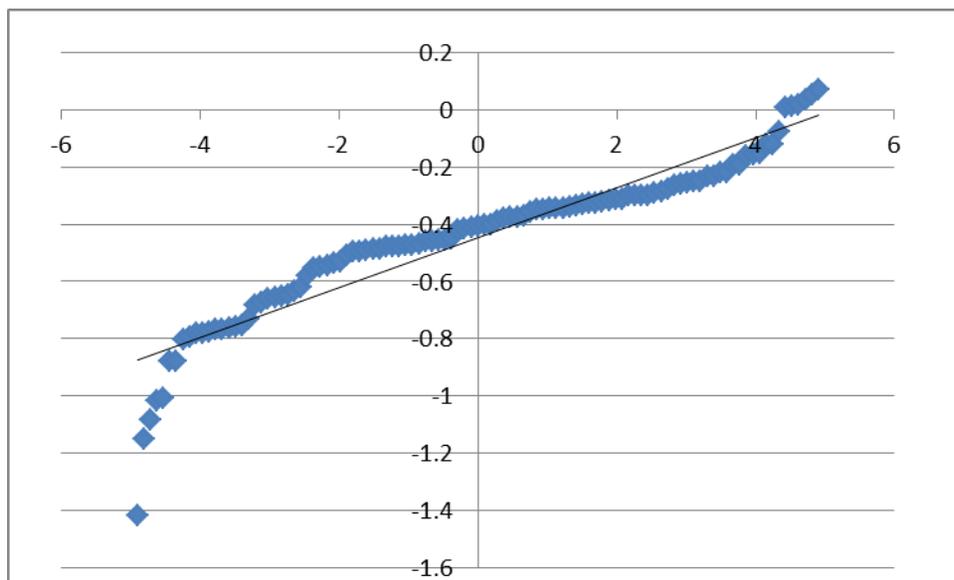


Figura 6.3 Diagrama de puntos para prueba de normalidad

En la figura 6.3 se evidencia que los datos no tienen comportamiento normal, siendo más desviados de éste los datos en los extremos. El procedimiento estadístico recomendado en la norma NMX-AA-061-SCFI-1985 se basa en el comportamiento normal de los datos, por lo que es importante tener en cuenta esta situación para la interpretación de los análisis que se realicen sobre la serie de datos.

6.1.2 Evaluación de factores determinantes

Pese a que son varios los factores que pueden llegar a afectar la generación de residuos sólidos, debido al alcance y duración de este estudio se consideraron dos de éstos: La participación de los hogares en el estudio y el día al que corresponde la generación.

- Participación de los hogares

Ya que no todos los hogares participaron los siete días de recogida, es importante evaluar qué tanto puede influir esta situación en los datos colectados, pueden ser el resultado del olvido de la metodología del estudio. Observando las medias de los datos, separados por clases según los días de participación en el estudio, se obtiene la figura 6.4.

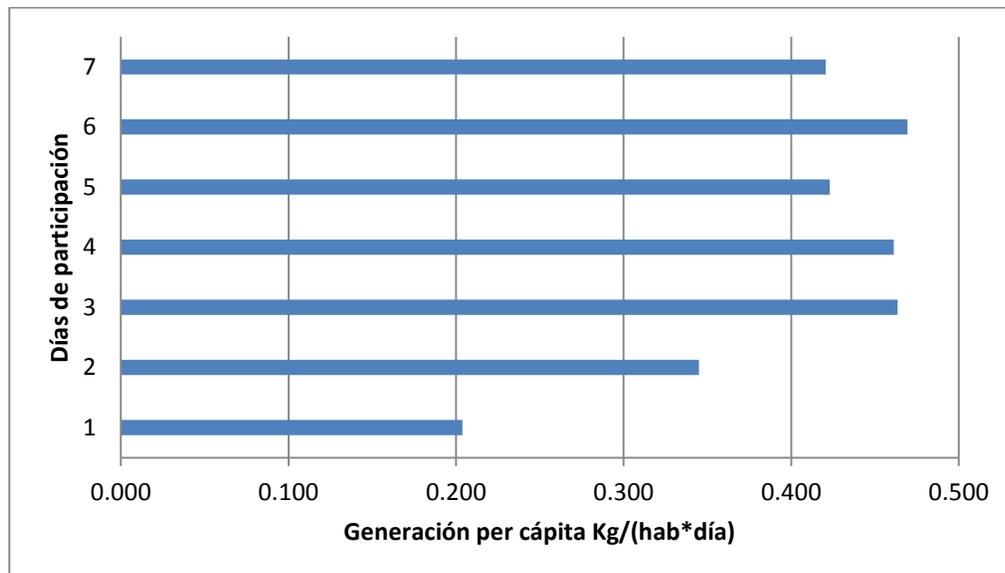


Figura 6.4 Medias parciales según los días de participación

En la figura 6.4 se puede observar que la media varía notoriamente dependiendo de los días de participación, siendo el dato más alejado el correspondiente a un día de entrega. Para verificar que tan significativa es esta variación, se realizó un análisis de varianza de un factor – ANOVA con ayuda de EXCEL.

Se plantean las siguientes hipótesis para la prueba:

H_0 : es la hipótesis de que todas las medias poblacionales son iguales (no hay afectación significativa por el número de días de participación)

H_1 : es la hipótesis de que las medias son distintas y por lo tanto la afectación es significativa

Los resultados se muestran en las tablas 6.3 y 6.4.

Tabla 6.3 Resumen de datos para ANOVA-Días de participación de los hogares

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1	9	1.834	0.204	0.026
2	7	2.414	0.345	0.023
3	17	7.881	0.464	0.100
4	17	7.842	0.461	0.056
5	17	7.193	0.423	0.032
6	18	8.450	0.469	0.074
7	20	8.412	0.421	0.027

Tabla 6.4 Análisis de varianza de un factor ANOVA-Días de participación de los hogares

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.566	6	0.094	1.807	0.106	2.193
Dentro de los grupos	5.115	98	0.052			
Total	5.68088924	104				

Ya que el valor de contraste (1.807) es menor que el valor crítico (2.193) no se puede descartar la hipótesis nula que las medias sean iguales. Adicional a esta situación, se debe considerar que el valor-p (0.106) no es tan cercano a cero para decir que el análisis es concluyente.

- *Día de la semana en el que se generan los residuos*

Considerando que la generación de residuos puede verse afectada por día de la semana, entre días laborables y los que no o por dinámicas propias de los hogares; se realizó un análisis similar discriminando los promedios diarios. Los resultados están en la figura 6.5.

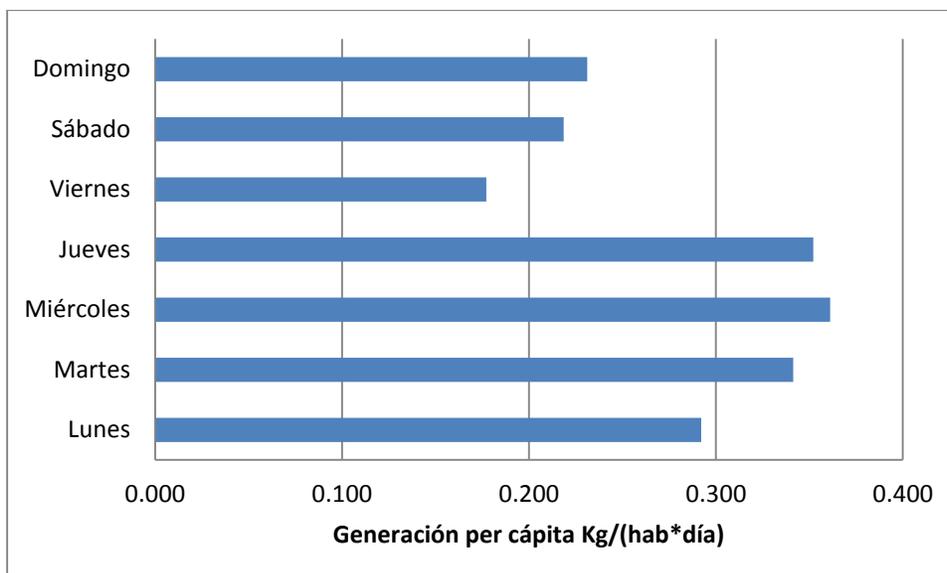


Figura 6.5 Tasa de generación promedio, según el día de la semana en que se realiza la recolección

Para evaluar si es un factor determinante, se hizo un análisis ANOVA, cuyos resultados están en las tablas 6.5 y 6.6

Tabla 6.5 Resumen de datos para ANOVA-Día de recolección

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Lunes	105	30.676	0.292	0.098
Martes	105	35.849	0.341	0.121
Miércoles	105	37.918	0.361	0.113
Jueves	105	36.961	0.352	0.149
Viernes	105	18.602	0.177	0.071
Sábado	105	22.947	0.219	0.094
Domingo	105	24.270	0.231	0.087

Tabla 6.6 Análisis de varianza-Día de recolección

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3.402	6	0.567	5.408	0.00001755	2.111
Dentro de los grupos	76.315	728	0.105			
Total	79.717	734				

En este caso, el valor de contraste (5.408) es menor que el valor crítico (2.111) se puede descartar la hipótesis nula que las medias sean iguales. Y considerando que el valor-p es muy cercano a cero, el análisis es concluyente y el día de recolección si es determinante del valor de la generación per cápita.

6.1.3 Eliminación de datos sospechosos

Dadas las condiciones poco concluyentes del primer factor determinante, se consideraron tres escenarios diferentes para el análisis estadístico, bajo las siguientes condiciones:

Escenario 0: Considerando todos los hogares que entregaron residuos, así fuera un solo día de la semana.

Escenario 1: Descartando los hogares que hicieron entrega un solo día de la semana

Escenario 2: Descartando aquellos hogares que hicieron entrega solo uno o dos días de la semana.

Al graficar los valores para cada uno de los puntos se obtiene la figura 6.1 donde se observa que los valores superiores a 1,017 kg/hab*día están retirados significativamente del resto de datos, por lo que se requiere el análisis de datos sospechosos.

Aunque según el gráfico solo la cola superior parece contener valores atípicos, se analizaron los dos extremos del conjunto de datos. De acuerdo con el criterio de Dixon, los valores extremos no son sospechosos para ser descartados, sin embargo se aplicó el criterio de Grubbs, recomendado por la metodología de ASTM, obteniendo los resultados de la tabla 6.7.

Tabla 6.7 Datos atípicos por criterio de Grubbs

<i>Item</i>	<i>Escenario</i>		
	0	1	2
N° atípicos inferior	18	14	15
Valor seguro inferior	0.208	0.220	0.226
N° atípicos superior	13	12	12
Valor seguro superior	0.640	0.640	0.644
Total atípicos	31	26	27

Al aplicar el criterio de Grubbs, se reducen significativamente los extremos, considerando entre 26 y 30 datos sospechosos, lo que le resta representatividad a los datos.

6.1.4 Cálculo de la tasa de generación per cápita

Los resultados obtenidos con cada escenario se resumen en la tabla 6.8. Las memorias de cálculo se pueden consultar en el anexo B.

El primer conjunto de datos corresponde al conjunto de datos sin eliminar datos sospechosos, salvo los condicionados por el escenario.

El segundo conjunto corresponde a los estadísticos calculados eliminando todos los datos considerados atípicos según el criterio de Grubbs.

El tercero corresponde a los calculados eliminando los atípicos del gráfico (los mayores a 1.017) y que también son sospechosos según Grubbs

El cuarto corresponde a los calculados al ser eliminados los dos datos de tres días de entrega, en la cola superior por encima de 1.017

Tabla 6.8 Resultados estadísticos para la generación per cápita

Parámetro	Escenario			Variación	
	0	1	2	1	2
N	105	96	89	-0.09	-0.15
Nreal	32	31	32	-0.03	0.00
Rango	1.139	1.107	1.107	-0.03	-0.03
Media	0.419	0.440	0.447	0.05	0.07
Desv.est	0.234	0.230	0.234	-0.02	0.00
Primer valor atípico graf	1.017	1.017	1.017		
N° atípicos dixon	0	0	0		
N° atípicos grubbs	31	26	27		
N° atípicos graf+grubbs	6	6	6		
N2 (elimina grubbs)	74	70	62	-0.05	-0.16
Rango 2	0.432	0.425	0.418	-0.02	-0.03
Media 2	0.405	0.414	0.425	0.02	0.05
Desv.est2	0.111	0.109	0.099	-0.01	-0.10
N3 (elimina graf+grubbs)	99	90	83	-0.09	-0.16
Rango 3	0.798	0.765	0.765	-0.04	-0.04
Media 3	0.379	0.397	0.401	0.05	0.06
Desv.est3	0.171	0.163	0.164	-0.05	-0.04
N4 (elimina por criterio)	103	94	87	-0.09	-0.16
Rango 4	1.139	1.107	1.107	-0.03	-0.03
Media 4	0.406	0.426	0.432	0.05	0.06
Desv.est4	0.216	0.211	0.215	-0.02	-0.01
Variación media 2 (grubbs)	0.04	0.06	0.05		
Variación media 3 (grafico)	0.10	0.10	0.10		
Variación media 4 (criterio)	0.03	0.03	0.03		

La columna de variación corresponde a la fracción de cambio de los escenarios 1 y 2 con relación al escenario 0, en otras palabras, la medida en que cambian los estadísticos al considerar cada escenario.

Las filas de variación corresponden a la fracción de cambio en la media considerando los grupos 2, 3 y 4 comparados con el grupo 1.

De los resultados consignados en la tabla 6.8 se pueden hacer las siguientes observaciones:

- Pese a eliminar un número considerable de datos sospechosos con el criterio de Grubbs, el tamaño de muestra es suficiente para las condiciones del estudio y la desviación estándar se reduce considerablemente, sin embargo no hay un criterio técnico que permita sospechar de tantos datos colectados.
- Con relación a la variación y considerando la media, no hay cambios importantes entre el escenario 1 y el 2.

6.1.5 Análisis de confiabilidad

Se realiza con el fin de evaluar si es pertinente considerar la media hallada en la muestra como si fuera la media de toda la población, bajo las condiciones del estudio.

Se plantea la hipótesis nula H_0 contra la alternativa H_1 :

H_0 : Media poblacional = media de la muestra

H_1 : Media poblacional \neq media de la muestra

Para un riesgo del 0.05, el estadístico de prueba asumiendo distribución normal como lo exige la norma es de $Z = 1.96$. Los resultados se encuentran en la tabla 6.9.

Tabla 6.9 Análisis de confiabilidad sobre la media

Parámetro	Escenario		
	0	1	2
Z_0	1.960	1.960	1.960
$Z_{1 \text{ inicial}}$	0.183	0.192	0.200
$Z_{1 \text{ media 2}}$	0.221	0.228	0.243
$Z_{1 \text{ media 3}}$	0.189	0.199	0.208
$Z_{1 \text{ media 4}}$	0.185	0.194	0.203

Los resultados evidencian que los resultados obtenidos en los tres escenarios permiten asumir que la media muestral es igual a la poblacional. Se decide toma el valor del escenario 1 con la media 4, que corresponde a eliminar los datos de aquellos hogares que solo participaron un día y retirando de la cola de sospechosos solo los que participaron 3 días.

6.2 Evaluación de riesgos

Con el fin de realizar la evaluación, se va a considerar el esquema de proceso de la figura 6.6, desde la generación en los hogares hasta la disposición final en relleno sanitario.

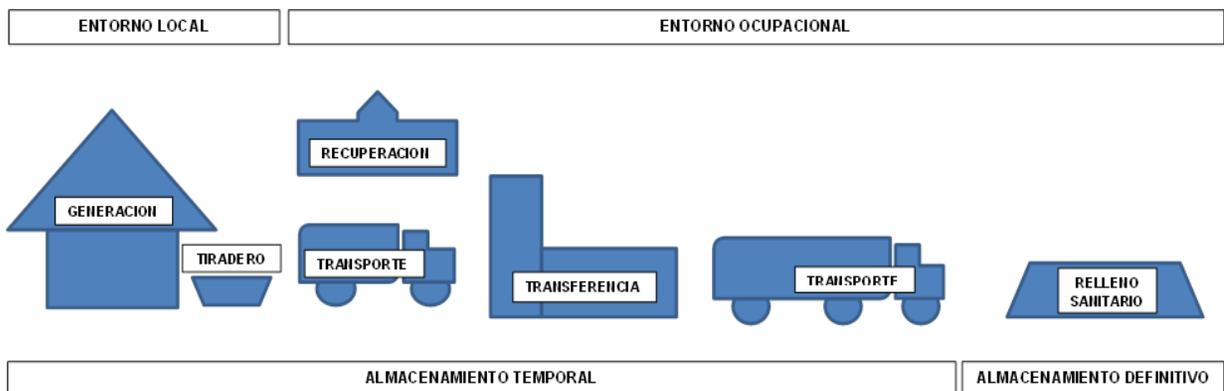


Figura 6.6 Esquema utilizado para la evaluación de riesgos

Con relación a la *generación* como punto de partida, de acuerdo con los resultados del estudio de generación y composición, las corrientes significativas y que representan el 80% en el grupo de los RPD son los incluidos en la tabla 6.10. Para cada corriente, se indican los componentes activos que pueden ser considerados agentes de peligro.

Tabla 6.10 Agentes de peligro por corriente de RPD

Corriente	% en los RPD	Residuos encontrados	Agentes de peligro
Médico-asistenciales	39.29	Jeringas usadas, elementos de curación, medicamentos caducos y sus envases	Punzocortantes Analgésicos (paracetamol) Antibióticos (amoxicilina)
Cuidado personal	27.10	Cosméticos dados de baja (labiales y esmaltes) Envases con remanente de tintes para el cabello	Acetato de butilo Acetona Nitrocelulosa Peróxido de hidrógeno Amoniaco
Limpieza del hogar	19.61	Envases con remanente de desinfectantes y productos compuestos	Hipoclorito de sodio Ácido clorhídrico Amoniaco
Pilas y baterías	5.93	Pila común y alcalina	Cloruro de Zinc Dióxido de Manganeso Hidróxido de potasio
Mantenimiento del hogar	4.91	Envases con remanente de pinturas	Resina alquídica Varsol
TOTAL	96.84		

6.2.1 Identificación de peligros

Para identificar los peligros asociados a los residuos encontrados, se consultaron diferentes hojas de seguridad de los ingredientes activos presentes en cada una de las corrientes de residuos peligrosos, así como la NOM-018-STPS-2000. La tabla 6.11 indica el riesgo asignado en los listados de esta norma; para las sustancias que no se encuentran en los listados se aplicaron los criterios de la misma norma utilizando los datos reportados en hojas de seguridad.

Tabla 6.11 Peligros asociados a las sustancias presentes en los RPD

Corriente	Agente de peligro	Riesgo a la salud	Riesgo de inflamabilidad	Riesgo por inestabilidad	Riesgo especial	# ONU	#CAS
Médico-asistenciales	Punzocortantes	4	1	0	Na	3291	
	Caducos y envases de analgésicos como el paracetamol	3	1	0	Na		103-84-4
	Caducos y envases de antibióticos como amoxicilina	1	0	0	Na		61336-70-7
Cuidado personal	Acetato de butilo	1	3	0	Na	1123	
	Acetona	1	3	0	Na	1090	
	Nitrocelulosa	2	3	0	Na	1263	
	Peróxido de hidrógeno	2	0	1	Oxidante	2015	
	Amoniaco máximo 25%	3	1	0	Corrosivo	2672	
Limpieza del hogar	Hipoclorito de sodio 5%	2	0	1	Oxidante	1791	
	Amoniaco máximo 25%	3	1	0	Corrosivo	2672	
	Ácido clorhídrico menos del 28%	3	0	1	Corrosivo	1789	
Pilas y baterías	Cloruro de Zinc	1	0	0	Na		1313-13-9
	Dióxido de Manganeso	2	0	1	Oxidante	2331	
	Hidróxido de potasio	3	0	1	Na	1479	
Mantenimiento del hogar	Resina alquídica	2	2	0	Na	1866	
	Varsol	2	2	0	Na	1268	

De la tabla 6.11 se puede observar que entre los RPD se encuentran sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables y reactivas, también agentes infecciosos.

En el *almacenamiento temporal* con el modelo actual de gestión, estos residuos se mezclan, por esta razón se realizó un análisis de compatibilidad con ayuda del aplicativo CAMEO *Chemicals* para verificar las posibles reacciones al mezclarse. Los resultados se encuentran en la figura 6.7.

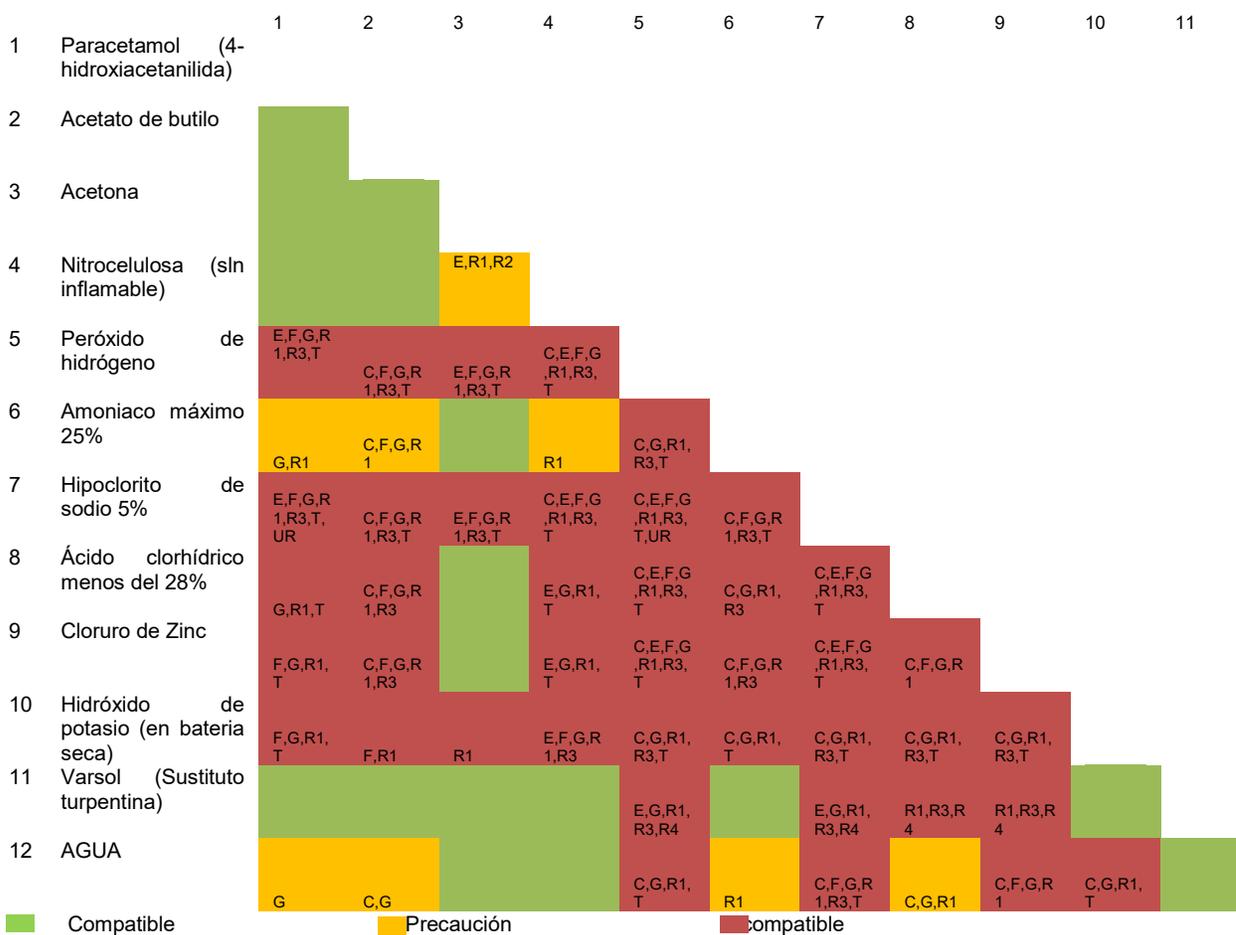


Figura 6.7 Resultados de compatibilidad según CAMEO *Chemicals*

- C: los productos de reacción pueden ser corrosivos
- E: los productos de reacción pueden ser explosivos o sensibles al choque o fricción
- F: los productos de reacción pueden ser inflamables
- G: la reacción puede liberar gases y causas presurización
- R1: reacción exotérmica a temperatura ambiente (libera calor)
- R2: los productos de racción pueden ser inestables a temperatura ambiente
- R3: la reacción puede ser particularmente intensa, violenta o explosiva
- R4: la reacción de polimerización puede volverse intensa y causar presurización
- T: los productos de reacción pueden ser tóxicos
- UR: puede ser peligroso pero no se conoce

CAMEO (Computer-Aided Management of Emergency Operations) fue desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) en Estados Unidos desde 1988 y consiste en un sistema de aplicaciones de software utilizadas para planear la respuesta ante emergencias químicas. CAMEO *Chemicals* es una herramienta que cuenta con una base de datos de hojas de seguridad y predice la reactividad de un conjunto de sustancias. De esta matriz y la aplicación de CAMEO *Chemicals* se puede concluir:

- *Características de la reacción combinada*
 - ✓ Los productos de reacción pueden ser corrosivos, tóxicos, inflamables, explosivos o sensibles al choque o fricción
 - ✓ La reacción libera productos gaseosos que pueden causar presurización
 - ✓ La reacción es exotérmica a temperatura ambiente con liberación de calor
 - ✓ La reacción puede ser particularmente intensa, violenta o explosiva
 - ✓ La reacción de polimerización puede volverse intensa y causar presurización
 - ✓ Pueden producirse los siguientes gases: Humos ácidos y básicos, alcoholes, aldehídos, brominas, monóxido y dióxido de carbono, aminas cloradas, cloro gas, dióxido de cloro, amoniaco, ácido clorhídrico.

- *Alertas de reactividad*
 Se evidencian alertas por reactividad de las siguientes sustancias: hipoclorito de sodio (fuerte oxidante), acetona, varsol y acetato de butilo (inflamables).

6.2.2 Evaluación de la exposición

- Entorno local

Descartando el tiempo de exposición durante el uso del producto potencialmente peligroso, se considera que el tiempo de exposición máximo con el residuo es de 24 horas, teniendo en cuenta que el camión recolector pasa todos los días. Las rutas de exposición están representadas en la figura 6.8.

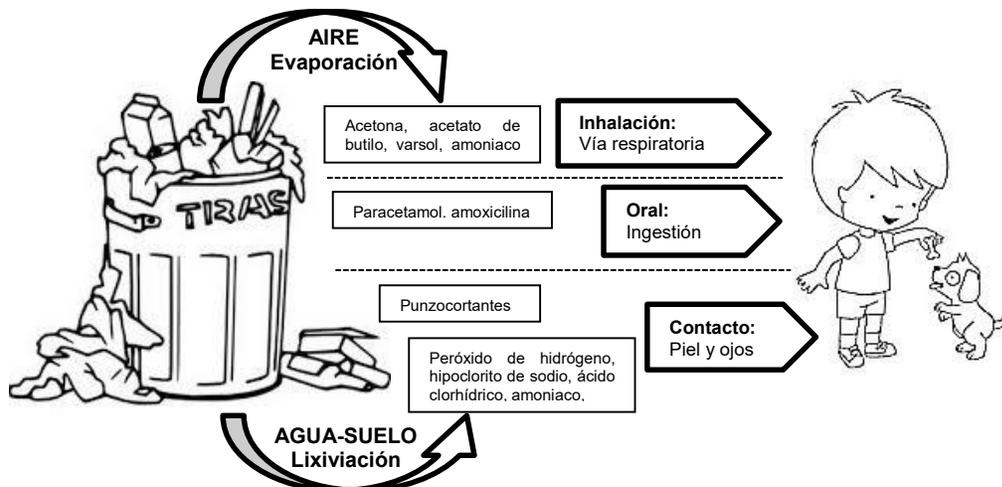


Figura 6.8 Rutas de exposición a RPD en el entorno local

- *Entorno ocupacional*

Considerando el tiempo que tarda el camión en realizar las rutas y disponer el último viaje puede considerarse un tiempo total de 12 h. Las rutas de exposición están representadas en la figura 6-9.

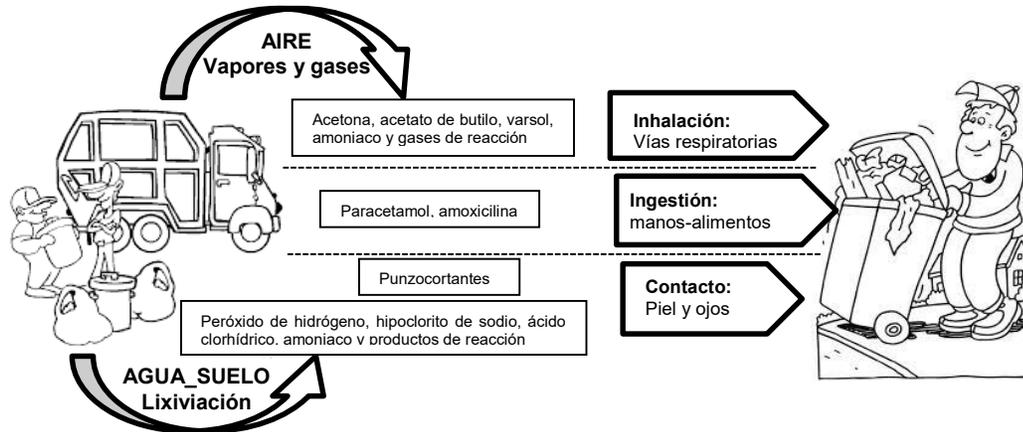


Figura 6.9 Rutas de exposición a los RPD en el entorno ocupacional

- *Medio ambiente*

El tiempo de exposición corresponde al tiempo que tarda el contaminante en dispersarse antes de ser dispuesto en el relleno sanitario. Los que se volatilizan, seguirán haciéndolo luego de ese momento. Las rutas de exposición están representadas en la figura 6-10.

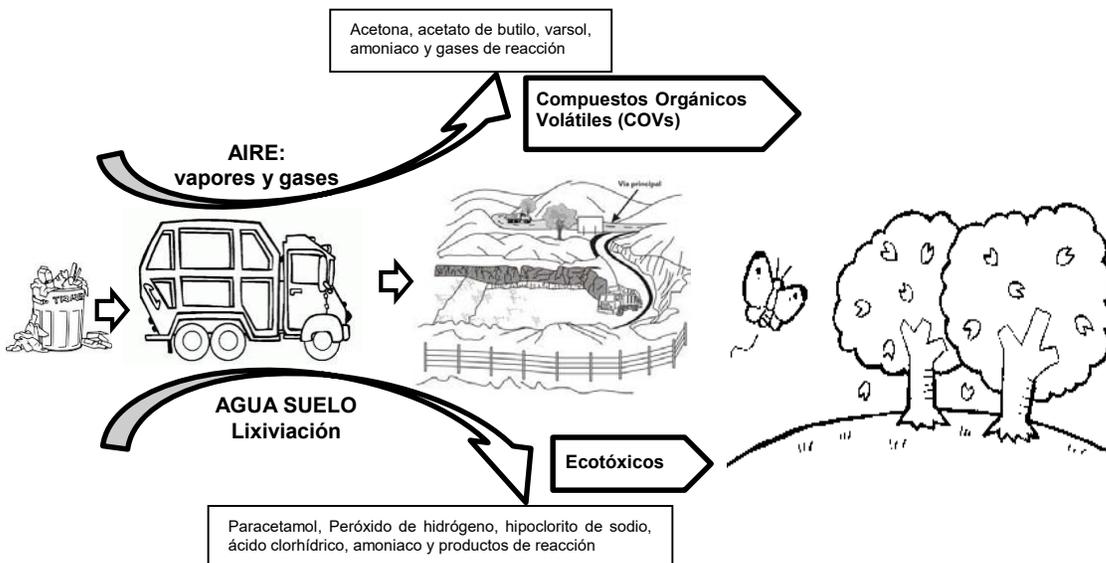


Figura 6.10 Rutas de exposición del ambiente a los RPD

En vista que son muchas sustancias y resultaría imposible estimar el riesgo asociado a todas, se consideró conveniente seleccionar algunas de éstas en virtud de la cantidad generada y su peligrosidad a la salud y al ambiente. Por esta razón se propuso un sistema de ponderación para una serie de parámetros a través de la consulta a un grupo de expertos.

Los parámetros a ponderar fueron los siguientes

- ✓ Participación porcentual en peso en la composición de los RPD, de acuerdo con el estudio de generación realizado
- ✓ Grado de riesgo por toxicidad
- ✓ Grado de riesgo por inflamabilidad
- ✓ Grado de riesgo por inestabilidad
- ✓ Riesgos especiales
- ✓ Ecotoxicidad reportada en hojas de seguridad

Con el fin de dar un peso diferenciado a cada uno de estos criterios se les solicitó distribuir 20 puntos entre ellos, asignando más puntos al que considerara de mayor valor para la selección de las sustancias de interés y menos puntos a los que considerara de menor importancia.

En la tabla 6.12 se indican los pesos asignados para cada uno de los parámetros por cada uno de los siete expertos consultados.

Tabla 6.12 Ponderación de los parámetros de riesgo, resultados de la consulta a expertos

Parámetro de riesgo	Puntaje asignado por experto							Valor porcentual		Porcentaje asignado
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Absoluto	Moda(valor)	
Porcentaje en peso del residuo dentro de los RPD	6	5	6	4	2	10	1	24.3	25.0 (6)	24.6
Grado de riesgo por toxicidad	4	2	4	5	8	2	8	23.6	33.3(8)	28.5
Grado de riesgo por inflamabilidad	2	4	6	3	2	2	1	14.3	8.3(2)	11.3
Grado de riesgo por inestabilidad	5	3	NS	2	2	2	2	11.4	8.3(2)	9.9
Riesgos especiales	2	3	4	2	2	2	3	12.9	8.3(2)	10.6
Ecotoxicidad reportada en hojas de seguridad	1	3	NS	4	4	2	5	13.6	16.7(2)	15.1
TOTALES	20	20	-	20	20	20	20	100	100	100

NS: No asignado por el evaluador

Es importante anotar que esta consulta sólo se pudo realizar de manera puntual, es decir que no se realimentó a los expertos con el fin de afinar los resultados por sus compromisos y el corto tiempo que podían dedicar a este proyecto. Para subsanar este inconveniente, se tuvo en cuenta tanto el promedio absoluto como la moda.

De los resultados de la consulta se puede concluir:

- ✓ Tanto el promedio absoluto como la moda dan mayor peso al porcentaje de RPD y al grado de riesgo por toxicidad
- ✓ De igual manera el promedio absoluto y la moda dan menor peso al grado de riesgo por reactividad y a los riesgos especiales.

También fue necesario asignar una escala de 0 a 4, equivalente a NFPA para aquellos criterios que no tienen esta escala numérica, como lo son los riesgos especiales y la ecotoxicidad.

Para los riesgos especiales se le solicitó a los expertos asignar un valor de 0 a 4 para cada caso, dando el mayor valor al que considerara más crítico y aclarando que no hay inconveniente en que varios tengan el mismo valor. Los resultados asignados por cada experto se observan en la tabla 6.13.

Tabla 6.13 Escala utilizada para los parámetros distintos a NFPA, resultados de la consulta a expertos

	<i>Puntaje asignado por experto</i>							<i>promedio</i>	<i>Moda /asignado</i>
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7		
Corrosivo	3	4	4	3	4	2	4	3.4	4
Reactivo con el agua	4	2	4	3	3	4	2	3.1	4
Oxidante	2	0	4	3	3	2	3	2.4	3

Para este parámetro se consideró la moda para asignar el valor, ya que las respuestas se enmarcaban solo en valores discretos y se evidencia más homogeneidad en las respuestas, que se pierde al considerar el promedio absoluto.

Para la ecotoxicidad, que tampoco cuenta con una escala de valor, se implementó un procedimiento similar; se plantearon cinco situaciones y se solicitó asignar un valor de 0 a 4 a cada caso, dando el mayor valor al que considerara más crítico y aclarando que no hay inconveniente en que varios tengan el mismo valor. Los resultados de la consulta se muestran en la tabla 6.14. Para este parámetro también se consideró la moda por las mismas razones que en los riesgos especiales.

Tabla 6.14 Valores asignados para ecotoxicidad, resultados de la consulta a expertos

<i>Criterio</i>	<i>Puntaje asignado por experto</i>							<i>Moda /asignado</i>
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
Reporta datos de toxicidad acuática, persistencia y degradabilidad o bioacumulación, pero ninguno es adverso.	1	1	NS	1	1	NS	1	1
Reporta datos de toxicidad acuática, persistencia y degradabilidad o bioacumulación, pero uno de ellos es adverso.	2	2	NS	1	1	NS	2	2
Reporta datos de toxicidad acuática, persistencia y degradabilidad o bioacumulación, pero solo dos de ellos son adversos.	3	3	NS	2	1	NS	3	3
Reporta datos de toxicidad acuática, persistencia y degradabilidad o bioacumulación, todos son adversos.	4	4	NS	3	1	NS	4	4
No reporta datos de ecotoxicidad	0	NS	NS	3	1	NS	0	3

NS: No asignado por el evaluador

Para asignar valor al porcentaje de cada corriente en los RPD, se tomaron los valores extremos y se repartió proporcionalmente en la escala, como lo indica la tabla 6.15

Tabla 6.15 Escala asignada al porcentaje en los RPD

<i>Parámetro de riesgo</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Participación porcentual en los RPD	Menos del 4%	Entre 4% y 10%	Entre 10% y 20%	Entre 20% y 30%	Más del 30%

Los criterios de ecotoxicidad fueron consultados de las hojas de seguridad y resumidos en la tabla 6.16, donde se indica también el valor asignado de acuerdo con la consulta.

Tabla 6.16 Datos de Ecotoxicidad para los agentes de peligro y su calificación de acuerdo con la consulta

Agente de Peligro	Toxicidad Agua-suelo	Persistencia /degradabilidad	Bio-acumulación	Calificación expertos
Punzocortantes	-	-	-	3
Caducos y envases de analgésicos como paracetamol	X	-	X	3
Caducos y envases de antibióticos como amoxicilina	-	-	-	3
Acetato de butilo	X	/	/	2
Acetona	-	/	-	1
Nitrocelulosa	X	X	X	4
Peróxido de hidrógeno	X	/	/	2
Amoniaco máximo 25%	X	-	-	2
Hipoclorito de sodio 5%	X	-	-	2
Ácido clorhídrico menos del 28%	X	/	/	2
Cloruro de Zinc	X	-	-	2
Dióxido de Manganeso	-	-	-	3
Hidróxido de potasio	X	NA	-	2
Resina alquídica	X	X	-	3
Varsol	X	/	-	2

X Desfavorable / Favorable - Sin datos NA No aplica

Con los resultados de la consulta a expertos y la información disponible por sustancia, se ponderaron los parámetros para cada uno de los agentes de peligro. La matriz de priorización se expone en la tabla 6.17. Las sustancias priorizadas corresponden a las que resultaron con un puntaje mayor a 200: los punzocortantes, amoniaco, paracetamol, nitrocelulosa, ácido clorhídrico y peróxido de hidrógeno

Tabla 6.17 Priorización de los agentes de peligro según criterios de la consulta a expertos

Agente de peligro	Riesgo a la salud	Riesgo de inflamabilidad	Riesgo por inestabilidad	Riesgo especial	Riesgo por porcentaje	Riesgo al ambiente	Valor total
Punzocortantes	4.00	1.00	0.00	0.00	4.00	3.00	269.00
Amoniaco máximo 25%	3.00	1.00	0.00	4.00	3.00	2.00	243.20
Caducos y envases de analgésicos (paracetamol)	3.00	1.00	0.00	0.00	4.00	2.00	225.40
Nitrocelulosa	2.00	3.00	0.00	0.00	3.00	4.00	225.10
Ácido clorhídrico menos del 28%	3.00	0.00	1.00	4.00	2.00	2.00	217.20
Peróxido de hidrógeno	2.00	0.00	1.00	3.00	3.00	2.00	202.70
Hipoclorito de sodio 5%	2.00	0.00	1.00	3.00	2.00	2.00	178.10
Caducos y envases de antibióticos (amoxicilina)	1.00	0.00	0.00	0.00	4.00	3.00	172.20
Dióxido de Manganeso	2.00	0.00	1.00	3.00	1.00	3.00	168.60
Acetato de butilo	1.00	3.00	0.00	0.00	3.00	2.00	166.40
Acetona	1.00	3.00	0.00	0.00	3.00	1.00	151.30
Hidróxido de potasio	3.00	0.00	1.00	0.00	1.00	2.00	150.20
Resina alquídica	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00	3.00	149.50
Varsol	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.00	134.40
Cloruro de Zinc	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.00	83.30

6.2.3 Evaluación dosis-respuesta

Para las diferentes vías de exposición humana, los efectos a la salud de las sustancias priorizadas se resumen en la tabla 6.18.

Tabla 6.18 Riesgos a la salud de los agentes priorizados por vía de exposición

Agente de peligro	Inhalación	Ingestión	Contacto	Exposición crónica
Punzocortantes	No Aplica	Sin información disponible	Contagio de enfermedades, heridas	Sin información disponible
Amoniaco máximo 25%	Irritación bronco pulmonar, especialmente intensa si se produce mezcla con lejía y otros liberadores de cloro, que puede desembocar en edema agudo de pulmón.	Irritación esofagagástrica y gastrointestinal con peligro de perforación, alteraciones del equilibrio ácido-base, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta.	Piel: Puede causar quemaduras. Ojos: Lesiones oculares, úlceras. Las salpicaduras en los ojos pueden causar quemaduras y daño permanente.	Sin información disponible
Caducos y envases de analgésicos como el paracetamol	Sin información disponible	Nausea, vómito, diarrea y dolor abdominal, pérdida de apetito y sudoración, daño renal, acidosis metabólica.	Sin información disponible	Cambios de conducta, irritabilidad, convulsiones Erupción cutánea
Nitrocelulosa	Irritación de vías respiratorias, mareo, somnolencia y pérdida del conocimiento.	Sin información disponible	Irritación de ojos y piel	Sin información disponible
Ácido clorhídrico menos del 28%	Corrosivo. Puede causar sensación de ardor, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta	Sin información disponible	Piel: Puede causar quemaduras cutáneas graves, dolor Ojos: Puede causar dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	La sustancia puede afectar el pulmón, dando lugar a bronquitis crónica. La sustancia puede causar erosiones dentales
Peróxido de hidrógeno	Corrosivo: Ardor de garganta, tos, posible paro respiratorio y edema pulmonar	Dolor de garganta, dolor en el pecho, vómito, hemorragias. La formación espontánea de oxígeno en el estómago o esófago puede causar heridas	Piel: Produce quemaduras, blanqueamiento y picazón Ojos: enrojecimiento, dolor, visión borrosa, daños irreparables en retina y ceguera	El contacto prolongado puede causar dermatitis o daños en la córnea. Pruebas de laboratorio evidencian cambio mutagénicos

Para los agentes de peligro priorizados con la metodología, los datos de toxicidad están resumidos en la tabla 6.19

Tabla 6.19 Toxicidad de los agentes de peligro priorizados

Agente de peligro	Toxicidad Humana			Toxicidad acuática	
	CL50 (inhalación)	DL50 (piel)	Cancerígeno	TWA (mg/m ³)	CL50
Punzocortantes Amoniaco máximo 25%	No Aplica 5000 ppm en 5 min (humano)	No Aplica -	No Aplica NO	No Aplica 18	NA
Caducos y envases de analgésicos como el paracetamol Nitrocelulosa	ND	ND	NO	5	0.75 mg/L durante 96 horas (carpita cabeza)
	8g/L en 8 horas (rata)	+20g/L (conejo)	NO	999	0.814 g/L durante 96 horas (carpita cabeza)
Ácido clorhídrico menos del 28%	3124 ppm (v) en una hora (rata)	-	NO	5 ppm	13.5 g/L durante 96 horas (carpita cabeza)
Peróxido de hidrógeno	2g/m ³ en 4 horas (rata)	4.06 g/kg (rata)	NO	1.4	25 mg/L
					0.007 g/L durante 24 horas (daphnia magna)

6.2.4 Caracterización del riesgo

Desafortunadamente la Ciudad de México no cuenta con estadísticas de ocurrencia de incidentes asociados a la presencia de RPD, ni en el entorno local ni en el ocupacional; por esta razón se caracterizará el riesgo desde el punto de vista meramente teórico.

Para determinar las zonas de riesgo se utilizó la herramienta de CAMEO llamado ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) es un modelo de dispersión atmosférica usado para evaluar el escape de vapores químicos peligrosos. A esta aplicación es necesario alimentarle datos meteorológicos y climáticos de la zona, los valores adoptados están en la tabla 6.20

Tabla 6.20 Valores utilizados para estimación en ALOHA

Parámetro	Valor reportado	Valor ingresado	Fuente
Temperatura (°C)	17-18	17.5	
Humedad relativa (%)	52-55	54	
Dirección del viento	SO	SW	Estación meteorológica de La Merced (MER)
Velocidad del viento	17 km/h	4.72 m/s	
Altura de toma		10 m	Deducción fotografías de la MER (torre típica)

La estimación de las zonas de riesgo se realizó con los siguientes supuestos:

- ✓ Sin nubosidad, soleado total
- ✓ El escenario evaluado es la nube tóxica formada, ya que de las sustancias priorizadas sólo la nitrocelulosa es inflamable.
- ✓ La duración del escape de la sustancia es instantánea
- ✓ Las mezclas son sustancias puras

La herramienta ALOHA entrega un esquema como el presentado en la figura 6.11 donde muestra la forma que tomaría la nube tóxica, así como el resumen de las distancias equivalentes.

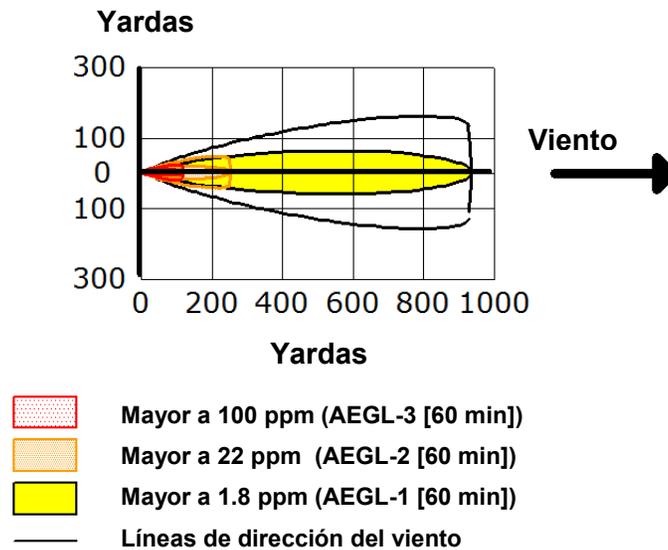


Figura 6.11 Ejemplo de la estimación de las zonas de riesgo por medio de ALOHA (adaptación de la pantalla ofrecida por la herramienta para el análisis de ácido clorhídrico)

Los AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels) representan el umbral límite de exposición para la población y son aplicables a emergencias para periodos de exposición desde 10 minutos a 8 horas y son definidos para uno de los cinco periodos de tiempo (10 y 30 min., 1 h., 4h., y 8 h.) y se distinguen por distintos grados de toxicidad. Se cree que los niveles de exposición recomendados son aplicables a la población incluyendo niños y otros individuos que puedan ser susceptibles.

Los tres AEGLs han sido definidos como:

AEGL-1 (zona amarilla): Concentración por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

AEGL-2 (naranja): Concentración por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL 2 pero por encima del AEGLs 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

AEGL-3 (roja): Es la concentración por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.

Para el caso de estas estimaciones, se consideró un tiempo de 60 min para el cálculo de las tres zonas.

- *Entorno local:*

Considerando que los tiraderos de la zona acumulan alrededor de 100 kg, la cantidad base de cálculo se determinó con los siguientes supuestos:

- ✓ Toda la fracción de RPD está conformada por la sustancia priorizada
- ✓ No hay envases en la fracción, solo la sustancia agente de peligro
- ✓ Es un derrame en una fuente puntual al nivel del suelo

Tabla 6.21 Cantidades de los agentes de peligro y resultados de ALOHA en el entorno local

Agente de peligro	% del total de RSU (p/p)	Cantidad base de cálculo (Kg)	Zonas de riesgo					
			Concentración	distancia	Concentración	distancia	Concentración	distancia
Punzocortantes	0.895	0.895	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Amoniaco máximo 25%	0.593	0.593	30 ppm	48.46m	160 ppm	21.03 m	1100 ppm	10 m
Caducos y envases de analgésicos como el paracetamol	0.895	0.895	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nitrocelulosa	0.512	0.512	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ácido clorhídrico menos del 28%	0.593	0.593	1.8 ppm	101.5 m	22 ppm	29.26	100 ppm	15 m
Peróxido de hidrógeno	0.512	0.512	10 ppm	41.15 m	50 ppm	18.23 m	100 ppm	12.80 m

De estos resultados de la tabla 6.21 se puede concluir:

Que a una distancia promedio de 12 metros de los tiraderos habituales de la zona, existe riesgo de consecuencias serias o irreversibles en la salud de las personas. Por tal razón si representan riesgo a los habitantes, especialmente para los niños que juegan en estos lugares.

- *Entorno ocupacional*

Considerando que los camiones son de 18m³, con un peso volumétrico de 350 kg/m³ (residuos compactados), la cantidad base de cálculo supone una cantidad total de 6300 kg en el interior del camión.

Tabla 6.22 Cantidades de los agentes de peligro y resultados de ALOHA en el entorno ocupacional

Agente de peligro	% del total de RSU (p/p)	Cantidad base de cálculo (Kg)	Zonas de riesgo					
			Concentración	distancia	Concentración	distancia	Concentración	distancia
Punzocortantes	0.895	56.39	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Amoniaco máximo 25%	0.593	37.36	30 ppm	293.52 m	160 ppm	125.27 m	1100 ppm	47.55 m
Caducos y envases de analgésicos como el paracetamol	0.895	56.39	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nitrocelulosa	0.512	32.26	SD	SD	SD	SD	SD	SD
Ácido clorhídrico menos del 28%	0.593	37.36	1.8 ppm	861.37 m	22 ppm	233.17 m	100 ppm	107.90 m
Peróxido de hidrógeno	0.512	32.26	10 ppm	335.59 m	50 ppm	147.22 m	100 ppm	104.24 m

De estos resultados se concluye:

Que para los auxiliares que van en la caja del camión, sin elementos de protección personal, la exposición es riesgosa para la salud. Requieren elementos de protección personal.

De la aplicación de la evaluación de riesgos se puede observar que las causas de riesgo aumentan en la medida que los RPD están mezclados y al ser manipulados y transportados sin conocer sus efectos en la salud y el ambiente y por ende sin el uso de elementos apropiados de protección.

7 BASES PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DOMÉSTICOS

La problemática asociada a la generación y manejo de los residuos sólidos y especialmente la relacionada con los RPD, debe considerarse desde varias dimensiones y distintos niveles, como las mostradas en la figura 7.1

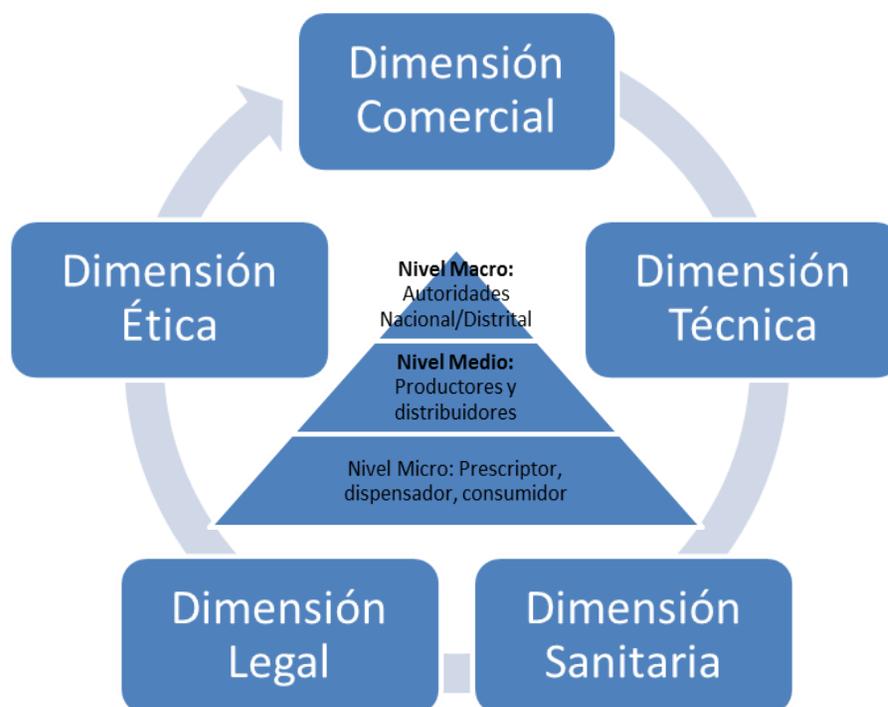


Figure 7-1 Dimensiones y niveles de la problemática de los RPD

De acuerdo con la SEMARNAT, los Planes de Manejo son instrumentos de gestión que tienen como objetivo minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos; bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos.

Estos planes de manejo:

- Son diseñados bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral
- Consideran el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables de gestión
- Involucran a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres órdenes de gobierno.

7.1 Tipo de plan de manejo

El reglamento de la LGPGIR establece las siguientes modalidades para los planes de manejo de residuos sólidos:



Figure 7-2 Tipos de planes de manejo según la LGPGIR

De acuerdo con la figura 7.2 y la naturaleza de los residuos que se propone incluir, los planes de manejo para los RPD deben formularse en las siguientes categorías, de preferencia de manera simultánea:

- *Mixtos*

La Secretaría del Medio Ambiente debe convocar tanto a otras autoridades implicadas en los procesos de producción y comercialización de los RPD en la Ciudad de México, como a los actores particulares de la misma cadena

Autoridades del orden local como:

- ✓ La Secretaría de Salud del Distrito Federal (SEDESA)
- ✓ La Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito Federal (SEDECO)
- ✓ La Secretaría de Obras y Servicios
- ✓ Las delegaciones políticas de la ciudad

Actores privados de la cadena como:

- ✓ Los prestadores de servicios de salud
- ✓ Las grandes superficies como hipermercados o grandes ferreterías y papelerías, que comercializan productos que generan RPD
- ✓ Los gremios de pequeños comercios que venden productos que generan RPD

- ✓ Las agremiaciones de pepenadores y de centros de acopio que reintegran algunos de los RPD

Las empresas prestadoras de servicios de transporte, valorización, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos

- *A varios sujetos*

Se pretende que sean de aplicación por parte de todos los ciudadanos, además de las autoridades y agremiaciones convocadas

- *Locales:*

Ya que por ahora la iniciativa es del Gobierno de la Ciudad de México se busca que su ámbito de aplicación local, sin embargo lo más conveniente será que en un futuro próximo se propongan como planes de cobertura nacional.

- *De Residuos Sólidos Urbanos:*

Aunque el plan de manejo corresponde a residuos potencialmente peligrosos, su origen es de fuentes de tipo habitacional.

7.2 Competencias relacionadas con los planes de manejo de RPD

El reglamento de la LGPGIR también establece las siguientes competencias para las autoridades municipales:

- ✓ En coordinación con la SEMARNAT, deben instrumentar planes de manejo que incorporen los residuos peligrosos que se generen en los hogares al desechar productos de consumo que contengan materiales peligrosos.
- ✓ Los municipios que presten el servicio público de limpia o ejecuten programas para la separación, recolección y acopio de los residuos peligrosos domésticos deberán observar los criterios de manejo para residuos peligrosos establecidos en la Ley.
- ✓ También pueden dar a conocer estos planes de manejo para promover su uso eficiente, el establecimiento de infraestructura y el desarrollo de mercados de valorización de los residuos.

Con relación a los residuos peligrosos, se encuentra en evaluación el proyecto de norma PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011 que establece los elementos y procedimientos para formular estos planes. Este documento será aplicable tanto sobre los grandes generadores de residuos peligrosos como al nivel medio de decisión en los RPD: los productores, exportadores, importadores y distribuidores de productos que se transformen en residuos peligrosos, particularmente de los siguientes productos:

- ✓ Aceites lubricantes
- ✓ Disolventes orgánicos
- ✓ Convertidores catalíticos de vehículos automotores
- ✓ Acumuladores de vehículos automotores que contienen plomo
- ✓ Baterías eléctricas a base de mercurio o níquel-cadmio
- ✓ Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio
- ✓ Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo
- ✓ Fármacos
- ✓ Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos
- ✓ Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados

En este documento también se indica que las autoridades de los tres niveles pueden participar en los planes de manejo formulados de tipo mixto.

7.3 Contenido de los planes de manejo

El reglamento de la LGPGIR plantea algunos datos que deben incluirse en los planes de manejo:

- ✓ Los residuos objeto del plan de manejo, así como la cantidad que se estima manejar de cada uno de ellos;
- ✓ La forma en que se realizará la minimización de la cantidad, valorización o aprovechamiento de los residuos;
- ✓ Los mecanismos para que otros sujetos obligados puedan incorporarse a los planes de manejo
- ✓ Los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.

Específicamente de los planes de manejo para residuos peligrosos, el proyecto de norma PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011 indica que los elementos a incluir en los planes en este nivel medio son:

- La formulación de tres momentos en la gestión, como lo muestra la figura 7.3.

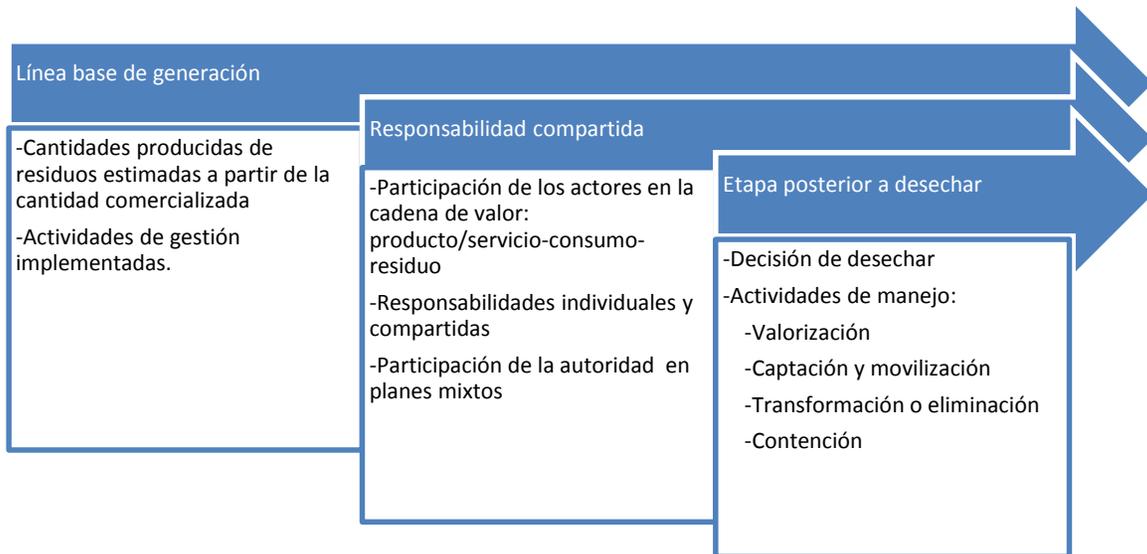


Figura 7.2 Elementos a incluir en los planes de gestión de residuos peligrosos

- Los mecanismos para que otros sujetos puedan incorporarse como pequeños y microgeneradores.
- Los mecanismos de evaluación y mejora de los mismos.
- Los instrumentos de registro de cantidades en centros de acopio y devolución.
- Las etapas y necesidades de implementación y operación del plan.

7.4 La gestión de los Residuos sólidos en la Ciudad de México

La ciudad cuenta con el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Distrito Federal, que integra las estrategias, metas y acciones necesarias para llevar a cabo el manejo adecuado de los residuos sólidos, bajo los criterios de reducción de la generación de los residuos sólidos, separación en la fuente, reincorporación al ciclo productivo de materiales reutilizables o reciclables, empleo de infraestructura para su adecuado manejo, promoción de la cultura, educación y capacitación ambiental, generación y difusión de información, responsabilidad compartida, participación de la población, sociedad civil y sector privado, donde se armonicen las variables económicas, sociales, culturales, tecnológicas, sanitarias y ambientales, en un contexto de desarrollo sustentable, establecidos todos éstos en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal y su Reglamento.

7.4.1 Estrategias y acciones de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) relacionadas con los residuos sólidos

Una de las principales estrategias empleada por SEDEMA en materia de residuos sólidos es la “Comunicación y Educación Ambiental”, que plantea las siguientes acciones:

- El establecimiento de metas y acciones claras para todos los actores de la sociedad, para la realización eficaz de la separación y recolección selectiva de los residuos, buscando incidir en los puntos de recolección, edificios, mercados, escuelas y vía pública.
- El fomento en la presentación de los planes de manejo que corresponden a los grandes generadores, para incidir en la prevención y minimización de los residuos sólidos, insistiendo en la importancia de la elaboración de los planes para el control y seguimiento de los residuos de manejo especial y el fortalecimiento y diseño de nuevos instrumentos para incentivar la disminución, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos, además de promover una mayor equidad social en la distribución de costos y beneficios asociados a la generación y manejo integral de los mismos.
- La coordinación efectiva entre la Secretaría del Medio Ambiente, la de Obras y Servicios y las Delegaciones Políticas del Distrito Federal para la recepción de residuos de forma separada en las estaciones de transferencia para su mayor y mejor aprovechamiento y el mejoramiento de la infraestructura en las estaciones de transferencia, plantas de composta y selección, así como para la disposición final.
- El estudio de tecnologías alternativas para el mejor aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos, respaldada por una investigación científica buscando consolidar puntos estratégicos para la generación de energía y el fomento del reciclaje de los residuos sólidos generados, a través de la creación o fortalecimiento de mercados de materiales potencialmente valorizables.
- El fortalecimiento de la coordinación institucional entre los organismos centralizados, así como al interior de las Delegaciones Políticas, para coadyuvar en el cumplimiento de la política ambiental en materia de residuos sólidos. Considerando además la coordinación entre dichos actores y el Sindicato Único de Trabajadores del Gobierno del Distrito Federal, a través de los prestadores del servicio público de limpia, así como con los Gremios de Selectores (pepenadores), quienes forman parte importante en la cadena del manejo integral de los residuos sólidos, pero sobre todo en la separación y recolección selectiva de los mismos.

- El fortalecimiento del marco jurídico aplicable en esta materia, buscando efficientar y hacer eficaz la política pública que significa la gestión integral de los residuos, ésta con visión metropolitana y la gestión de recursos financieros ante instituciones públicas y privadas, locales o federales, así como internacionales, como actividad sustancial para contar con los recursos financieros necesarios e incidir en el cumplimiento del programa.

7.4.2 La gestión de los RPD y otras corrientes de interés en la Ciudad de México

Varias de las corrientes de RPD ya cuentan con algunas acciones por parte de la Secretaría o de iniciativa privada para su manejo; así como otras corrientes de residuos de manejo especial. La tabla 7.1 muestra los avances que ha tenido la Ciudad de México en esta materia. La mayoría de estas iniciativas han tenido poca difusión entre la comunidad general, por lo que su grado de participación es bajo.

Tabla 7.1 Gestión de las corrientes de RPD en la Ciudad de México

Tipo de residuo	Grado de desarrollo del plan de manejo	Destino final / Empresas a cargo
Médico-asistenciales	<p>Punzocortantes: Se inició un proceso de recolección de RPBI para pacientes atendidos en casa por parte de la Secretaría de Salud, pero fue insostenible económicamente.</p> <p>Medicamentos caducos: La Cámara farmacéutica como iniciativa gremial creó la asociación civil SINGREM (Sistema Nacional de gestión de Residuos de Envases y Medicamentos) con el apoyo de autoridades sanitarias y ambientales; que opera en el distrito desde 2011 acopiando los residuos en puntos específicos.</p>	El Sistema garantiza que los medicamentos caducos se recolectan y se llevan a destrucción final por coprocesamiento en horno cementero
Cuidado personal	No se conocen iniciativas del sector público o privado	-
Limpieza	No se conocen iniciativas del sector público o de los gremios de productores o distribuidores, sin embargo en la zona de estudio se evidenció la venta a granel de estos productos que reduce sustancialmente su generación	Con la práctica de venta a granel no se generan residuos para destino final
Pilas y Baterías	La dirección de Educación Ambiental de la SEDEMA puso en marcha el programa de manejo responsable de pilas 'Ponte pilas con tu ciudad' que cuenta con 400 contenedores distribuidos en 13 delegaciones.	La empresa IMU recolecta las pilas y las entrega a SITRASA quien recupera los metales y el resto lo destina como estabilizador de RP
Mantenimiento del Hogar	No se conocen iniciativas del sector público o privado	-
Biocidas	En 1987 se creó la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas – CICOPLAFEST conformada por las Secretarías de Salud (a través de la COFEPRIS), SEMARNAT, SAGARPA y de Economía, que por ahora aborda la regulación de grandes generadores	-
Mantenimiento Automotriz	Aceites usados: Los particulares pueden entregar un máximo de 10 L y los envases en las estaciones de servicio afiliadas. Estos entregan a empresas autorizadas por la SEMARNAT y todo el proceso se documenta a través de bitácoras.	Lista de gestores actualizada a 2010 disponible en http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/transparencia/transparenciafocalizada/residuos/Documents/directorio_residuos.pdf
Otros RPD	No se conocen iniciativas del sector público o privado	-
Residuos eléctricos y electrónicos como toner y cartuchos	Se encuentran actualmente 10 empresas en proceso de certificación para iniciar el acopio de estos residuos en la ciudad.,	- REMSA es una empresa certificada a nivel nacional para servicios empresariales de acopio y reciclaje.

Fuente: SEDEMA- entrevista con la Lic. Isadora Andrade, Subdirectora de Licenciamiento Ambiental y Lic. David Barrón, encargado del RAMIR (registro y autorización de establecimientos mercantiles y de servicios para el manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que operen y transiten en el Distrito Federal)

7.5 Estrategias propuestas para ser incluidas en los planes de manejo

Como punto de partida se debe implementar una mesa de trabajo permanente cuyo tema sea la gestión de los RPD y en la cual participen las entidades implicadas, con poder de decisión para lograr los convenios y acuerdos necesarios para el diseño y poner en marcha los planes de manejo. Esta mesa debe garantizar la continuidad en el trabajo, independiente de los cambios de gobierno en la ciudad o de los funcionarios que representan a las entidades.

Esta mesa de trabajo tendría como objetivos generales:

- ✓ Formular y legalizar acuerdos en torno a la generación de RPD
- ✓ Consulta de la viabilidad económica, ambiental y tecnológica de las propuestas que surjan en las sesiones de la mesa referentes al manejo adecuado de los RPD
- ✓ Proponer metas de cumplimiento, tanto para el propio trabajo de la mesa como para la implementación de los planes de manejo
- ✓ Invitar a nuevos miembros de acuerdo con el curso que tome su trabajo y la dinámica de la gestión, en cuanto a propósitos, temáticas, legislación o sectores emergentes.

De manera general para todos los planes de manejo de RPD, se pueden considerar como fundamentales los siguientes principios:

- ✓ Manejar de forma diferenciada los RPD por tipo de riesgo y consumo.
- ✓ Reducir el desperdicio de producto como remanente en los envases
- ✓ Retirar los RPD de la corriente de RSU
- ✓ No mezclar las corrientes para evitar reacciones
- ✓ Aplicar el principio de Responsabilidad Social Empresarial a la cadena producción-consumo, para hacer sostenibles los planes de manejo de los RPD.

A partir de los resultados obtenidos en el estudio de riesgos, se proponen algunas estrategias para ser consideradas al diseñar los planes de manejo, tanto para el entorno local como el ocupacional.

7.5.1 Estrategias en el entorno local

En el entorno local, es importante el manejo diferenciado de las corrientes ya que cada una tiene características de peligrosidad y consumo diferentes, sumado a esto al tenerlas mezcladas aumenta su peligrosidad por incompatibilidades. En la tabla 7.2 se resumen algunas estrategias a considerar por corriente de RPD

Tabla 7.2 Estrategias a considerar en los planes de manejo de RPD en el entorno local

	<i>Generación</i>		<i>Almacenamiento</i>	
	Nivel macro-medio	Nivel micro	Nivel macro-medio	Nivel micro
Médico-asistenciales	Convenios con dispensadores y prescriptores para entregar medicamentos estrictamente necesarios.	Educación en el manejo de los punzocortantes a pacientes en casa (reinstalar capuchón, separación de medicamentos y envases)	Convenios con prestadores de servicios de salud para la recolección de medicos-asistenciales a pacientes en casa, considerando algún tipo de ventaja tarifaria.	Socializar la estrategia implementada para la recolección de medicamentos caducos y de punzocortantes de ser implementado.
Cuidado personal	Convenio con productores y distribuidores para evitar las sustancias más peligrosas en las formulaciones y capacitar a aplicadores y consumidores en general	Educación en consumo responsable y en evitar los remanentes de sustancias en los envases desechados	Convenios con productores y distribuidores para incluir en el rotulado las incompatibilidades de los productos y advertencias de descarte	Educación en las incompatibilidades de las sustancias, y advertencias de uso y disposición
Limpieza	Convenios con productores y distribuidores para fomentar la venta a granel con medidas de seguridad para reducir la producción de envases contaminados	Educación en consumo responsable y en evitar los remanentes de sustancias en los envases desechados	Convenios con productores y distribuidores para fomentar el retorno del envase para cerrar el ciclo de uso, a través de estrategias comerciales como reducción de precio.	Educación en las incompatibilidades de las sustancias, y advertencias de uso y disposición incluidas en el rotulado
Pilas y Baterías	Convenios con productores y distribuidores para evitar el ingreso de pilas de bajo rendimiento	Socializar la estrategia de recolección implementada Fomentar el uso de pilas recargables	Formalizar a pequeños recolectores en zona sin infraestructura, sin generarles costos adicionales y capacitándolos para un adecuado manejo.	Socializar estrategias implementadas de recolección y manejo de pilas y baterías
Mantenimiento del Hogar	Convenio con productores y distribuidores para capacitar a aplicadores y consumidores en general sobre las prácticas adecuadas para el descarte de materiales.	Capacitar en prácticas adecuadas para el descarte de excedentes de esos productos		
Biocidas	Promover en los productores e importadores, el uso de biocidas de origen natural o ingredientes menos riesgosos para la salud humana y el ambiente.	Fomentar las buenas prácticas de higiene y limpieza en los hogares para evitar la proliferación de plagas	Convenio con productores y distribuidores para realizar el acopio de estos materiales de forma fácil y segura, a través de los supermercados.	
Mantenimiento Automotriz			Convenio con pequeños talleres para la recepción de estos residuos generados en hogares.	
Otros		Informar a los consumidores sobre los riesgos de los RPD y su adecuada manera de descarte.	Luminarias: Convenios con comercializadores, como ferreterías para el acopio de las luminarias y posterior entrega a los mayoristas o fabricantes.	Informar a la comunidad sobre los puntos de acopio cercanos y forma de entrega

7.5.2 Estrategias en el entorno ocupacional

Ya para el entorno ocupacional se esperaría que los RPD fueran lo mínimo presente dentro de la recolección de los residuos sólidos urbanos, los que van ya están combinados por lo que su discriminación por corriente no tiene mucho sentido. Ya para las corrientes separadas por las diferentes estrategias, en la tabla 7.3 se plantean opciones para aquellas que aún no cuentan con acciones en este sentido

Tabla 7.3 Estrategias a considerar en los planes de manejo de los RPD en el entorno ocupacional

Corriente	Recuperación y Transporte		Tratamiento y Disposición final
	Nivel macro-medio	Nivel micro	Nivel macro-medio
RSU	Llevar un registro de incidentes y accidentes en la prestación del servicio de limpia que permita evaluar las condiciones de riesgo	Capacitar en el uso de elementos de protección personal a trabajadores y voluntarios y dotarlos de los mismos Evaluar la operación de recolección para que la exposición de los trabajadores sea la menor posible	Garantizar que los sitios de disposición usados cumplan con la normativa correspondiente (NOM 083-SEMARNAT-2003)
Limpieza Cuidado personal Mantenimiento del Hogar Mantenimiento Automotriz Biocidas y otros	Deben ser canalizados y transportados por empresas avaladas por SEDEMA y patrocinadas por los productores en el marco del plan de manejo	Capacitar a los recuperadores en los riesgos de los RPD y llegar a acuerdos para garantizar que los materiales sean reincorporados atendiendo sus características de peligrosidad	Deben ser tratados y dispuestos por empresas avaladas por SEDEMA y patrocinadas por los productores en el marco del plan de manejo

7.6 Cronología de la implementación

Con el fin de orientar la implementación de los planes de manejo, atendiendo tanto las cantidades generadas como la disposición de la comunidad para aceptarlos y participar en ellos, se propone el orden de acciones de la figura 7.4 para el trabajo relacionado con el manejo de los RPD en los próximos años.

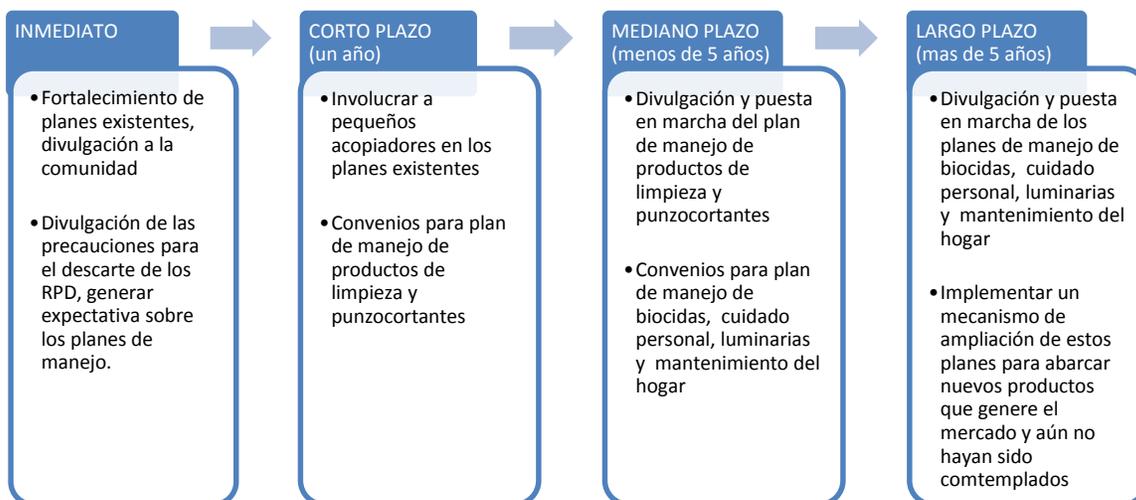


Figura 7.3 Cronología sugerida para la gestión de los RPD en Ciudad de México

Es importante resaltar que, pese a que en la Ciudad de México ya se llevan a cabo diversas acciones públicas y privadas encaminadas al manejo de los RPD y otras corrientes de interés, éstas actividades no se desarrollan en el marco de un Plan de Manejo que involucre a todos los sectores, de ahí que la formalización y complementación de estas iniciativas sea fundamental como primera experiencia en la gestión de estos residuos.

Los planes de manejo que se generen deben asignar responsabilidades económicas, técnicas, ambientales y legales a los actores de la cadena, y también contar con sistemas de retroalimentación y complementación, bajo la idea de un ciclo PHVA (planear-hacer-verificar-actuar) para que con el paso del tiempo no se vuelvan obsoletos.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la revisión legal, se evidencia que la normativa de la Ciudad de México es muy reciente y demanda la implementación de planes de manejo para los residuos peligrosos domésticos, adicionales a los que ya se encuentran en marcha y no se cuenta con estudios recientes en la ciudad que brinden la información de base para estos planes por lo que los datos obtenidos en este estudio son fundamentales para las decisiones de la Secretaría de Medio Ambiente.

Para que la metodología propuesta sea replicable en cualquier zona de la Ciudad de México y los datos sean comparables, se evaluaron las condiciones demográficas y socio-económicas de la zona de estudio; con base en la información brindada por entidades como INEGI y SEDESOL, utilizando parámetros como el uso de suelo actual (habitacional) y el índice de desarrollo-vulnerabilidad para seleccionar el estrato (vulnerabilidad alta que representa un estrato socio-económico bajo) para establecer el estrato del cual se preseleccionó la muestra de manera uniforme. Esta información oficial fue verificada y depurada en campo para seleccionar la muestra definitiva.

Se estableció un plan de muestreo basado en la metodología propuesta por la NMX-AA-061-1985, se diseñaron los instrumentos de captura de información en campo teniendo en cuenta las variables incluidas en el diseño del experimento, así como las hojas de cálculo que permitieran la recopilación y el análisis estadístico de la información. Sin embargo es importante considerar que esta norma tiene sus limitaciones: Considera universos de 300 a 500 predios, situación que en la realidad no se tiene y más pensando en los sectores populares de la Ciudad de México, densamente poblada.

El plan de muestreo se ejecutó durante ocho días, de acuerdo con lo propuesto inicialmente. Es importante anotar que, si bien es cierto que no todos los hogares comprometidos con el estudio participaron con el mismo entusiasmo, la colaboración de la comunidad fue fundamental para la ejecución del trabajo de campo.

Los datos obtenidos en campo se analizaron de acuerdo con lo recomendado por la NMX-AA-061-1985, sin embargo se evidencia que este análisis es limitado, por lo que se hicieron algunos procedimientos adicionales:

- ✓ La serie de datos se sometió a un análisis de normalidad, arrojando que no tienen un comportamiento de distribución normal.
- ✓ Se utilizaron estrategias adicionales para la detección y posible eliminación de datos sospechosos recomendado por ASTM,
- ✓ Se aplicó un análisis de ANOVA para evaluar si dos factores que pueden ser determinantes, como la participación de la comunidad o el día de la semana en el que se hizo el muestreo influyen en los resultados.

El porcentaje de residuos peligrosos domésticos encontrados dentro de los residuos sólidos urbanos caracterizados fue del 2.269%, encontrándose entre los márgenes reportados en otros estudios realizados hace menos de cinco años en otros municipios del país; siendo los más representativos en peso los médico-asistenciales, de cuidado personal y los de aseo y limpieza, que agrupan más del 80% de los RPD.

La generación de RPD conjuntamente con los residuos sólidos urbanos no solo genera problemas en la disposición de estos residuos, genera riesgos a la salud y al ambiente desde el momento de la generación, al estar mezclados se pueden presentar reacciones con

liberación de gases tóxicos o de energía que desencadenan explosiones o incendios en los medios de transporte; de otro lado la evaporación de los remanentes de estas sustancias pueden generar atmósferas tóxicas para los trabajadores que van en el camión sin elementos de protección personal.

Se recomienda a la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México que la metodología sea replicada en diferentes sectores de la ciudad, con el fin de obtener datos de los diferentes estratos planteados por INEGI y de ser posible en diferentes temporadas del año, para tener un panorama más completo de la generación en la ciudad.

Se recomienda también a la Secretaría de Economía o la institución que ejerza estas funciones en un futuro, que se actualicen las normas técnicas involucradas en la caracterización de residuos, para que los resultados obtenidos en los diferentes estudios sean comparables y las condiciones de muestreo mas acordes con la situación actual de las poblaciones del país.

REFERENCIAS

Administración Pública del Distrito Federal, (2010), “Acuerdo por el que se Aprueba y Expide el Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Distrito Federal”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, Ciudad de México, (54 pp)

Administración Pública del Distrito Federal, (2003), “Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, Última reforma publicada 08-09-2014, Ciudad de México, (37 pp.)

Administración Pública del Distrito Federal, (2008), “Reglamento de la ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal”, Gaceta Oficial del Distrito Federal, Ciudad de México, (20 pp.)

Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos – ATSDR, ‘Curso de Toxicología para Comunidades’. Disponible en:
http://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/2/es_lecturenotes.html

Arrieta G. (2008), “Análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de Producción de residuos sólidos de los usuarios Residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de Costos asociados a la realización de aforo de residuos Sólidos en Colombia” Comisión reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA - Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial, Colombia (pp. 65-74). Disponible en: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/36666164373034386433323930303464/dimension_categorizacion_1.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de La Unión (1988), “Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”, Diario Oficial de la Federación, Última reforma publicada DOF 01-06-2012, Ciudad de México, (113 pp.)

Cámara de Diputados del H. Congreso de La Unión (2003), “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, Diario Oficial de la Federación, Última reforma publicada DOF 01-06-2012, Ciudad de México, (43 pp.)

Cámara de Diputados del H. Congreso de La Unión (2007), “Ley General de Salud”, Diario Oficial de la Federación, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, (143 pp.)

Cámara de Diputados del H. Congreso de La Unión (2006), “Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México (39 pp.)

Chaparro, H., (2014) Diagnóstico y caracterización de los residuos peligrosos domésticos generados en el municipio de Facatativa-Cundinamarca, Tesis de Especialización-Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, (108 pp.). Disponible en:
<http://issuu.com/maosabo/docs/tesis0515shg>

Consejo Nacional de Población-CONAPO (2012), “Índice de Marginación Urbana 2010”, publicaciones del Consejo Nacional de Población, Mexico, (267 pp.). Disponible en:
http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Capitulo_1_Marginacion_Urbana_2010

De Koning H., Cantalhedede A., Benavides L., (1994) “Desechos peligrosos y salud en América Latina y El Caribe” Publicaciones del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente- CEPIS. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/resipeli/desechos/desechos.html#reper>

De Medina L., Castillo E., (2013) "Generación Y Composición De Residuos Sólidos Domésticos En Localidades Urbanas Pequeñas En El Estado De Veracruz, México" en Revista Interamericana de Contaminación Ambiental 30 (1) (pp 81-90), 2014

Durán A, Garcés M., Velasco A., Marín J., Gutiérrez R., Moreno A., Delgado N., (2012) "Mexico City's Municipal Solid Waste Characteristics And Composition Analysis" en Revista Interamericana de Contaminación Ambiental. 29 (1) (pp 39-46), 2013

Favela H., Ojeda S., Lozano G., (2009) Cuantificación de residuos sólidos domésticos peligrosos generados en dos periodos estacionales en una ciudad mexicana (Mexicali). En Memorias del II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla (12 pp.)

Gaviria A, Monsalve E, (2012) "Análisis para la gestión de residuos peligrosos domiciliarios en el municipio de Medellín" Tesis de Especialización-Corporación Universitaria Lasallista, Caldas (79 pp.) Disponible en:

<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/626/1/Analisis%20para%20la%20gestion%20de%20RPD%20en%20el%20municipio%20de%20Medellin%202%20%281%29.pdf>

Gendebien A., Leavens A., Blackmore K., (2002), "Study On Hazardous Household Waste (HHW) With A Main Emphasis On Hazardous Household Chemicals (HHC)" European Commission – Directorate General Environment, Reporte No.: CO 5089-2, (150 pp.). Disponible en http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/household_report.pdf

Hoorweg D., Bhada-Tata P., (2012) "What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management" from Urban Development Series, produced by the World Bank's Urban Development and Local Government Unit of the Sustainable Development Network, Washington, USA (116 pp). Disponible en: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/09/17/000442464_20140917123945/Rendered/PDF/681350REVISED00t0a0Waste020120Final.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-INECC-Secretaría de Desarrollo Social-SEDESOL, (2009), "Los residuos peligrosos en el mundo y en México", Serie Monografías N°3, México, (215 pp). Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/34.pdf>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-INECC, (2005) 'Manual aceites usados'. Disponible en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/folletos/324/324.html>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI, (2013) "Estadística básica sobre medio ambiente datos del Distrito Federal", Boletín de prensa núm. 151/13, México, (7 pp.). Disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/boletines/boletin/Comunicados/Espaciales/2013/Abril/comunica32.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía-INEGI, (2013) "Estadística básica sobre medio ambiente", Boletín de prensa núm. 121/13, México, (7 pp.). Disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Boletines/Boletin/Comunicados/Espaciales/2013/abril/comunica2.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía-INEGI, (2002) Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002, disponible en http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvineqi/productos/integracion/sociodemografico/medioambdf/2002/archivo5.pdf

Pérez Y., (2012) “Riesgos a la Salud en Trabajadores del Servicio de Urgencias por Manipulación de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos”, proyecto de tesis que para obtener el grado de maestría en ciencias en Salud Ocupacional, Seguridad e Higiene-IPN, México (148pp)

Slacka R., Gronowb J., Voulvoulisa N., (2003) “Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate”.Department of Environmental Science and Technology, Imperial College, Prince Consort Road, publicado en Science of the total Environment, volúmen 337, London, UK, (pp. 119-137). Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969704005017>

Rosas A, (2000), “Estudio de generación de residuos peligrosos domésticos en una zona habitacional” Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, (128pp)

Ruiz G., Fernandez J., Rodriguez R., (2001) “Residuos peligrosos: grave riesgo ambiental” publicado en Avance y perspectiva vol. 20, mayo-junio de 200, México (pp 150-150). Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/grave.pdf>

Ruvalcaba, P., Ortega S., (2012), “La Merced” Revista Kilómetro Cero N° 43, México, (17 pp.). Disponible en: http://guiadelcentrohistorico.mx/sites/default/files/km43OK_0.pdf

Sandoval J. et al., (2009), “Estudio de Generación y Caracterización de los Residuos Peligrosos Presentes en los Residuos Sólidos Urbanos de Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua”. Universidad de Guanajuato-Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Mexico, (6 pp.)

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, (1985), “Norma Mexicana NMX-AA-015-1985-Proteccion Al Ambiente - Contaminacion Del Suelo- Residuos Solidos Municipales - Muestreo – Metodo de Cuarteo”, Dirección General de Normas, Ciudad de México, (8 pp.)

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, (1985), “Norma Mexicana NMX-AA-019-1985-Proteccion Al Ambiente - Contaminacion Del Suelo- Residuos Solidos Municipales – Muestreo, Peso Volumétrico In Situ”, Dirección General de Normas, Ciudad de México, (3 pp.)

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, (1985), “Norma Mexicana NMX-AA-022-1985-Proteccion Al Ambiente - Contaminacion Del Suelo- Residuos Solidos Municipales - Muestreo – Selecccion y Cuantificacion de Subproductos”, Dirección General de Normas, Ciudad de México, (7 pp.)

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, (1985), “Norma Mexicana NMX-AA-061-1985-Proteccion Al Ambiente - Contaminacion del Suelo- Residuos Solidos Municipales - Determinacion de la Generacion”, Dirección General de Normas, Ciudad de México, (13 pp.)

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT - Instituto Nacional de Ecologia-INECC, (2003) “Introducción al análisis de riesgos ambientales” (129pp)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, (2005), “Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos”, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, (40 pp.)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT (1993), “Norma Oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente”, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, (24 pp.)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, (2011), “Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-160-SEMARNAT-2011, que establece los elementos y procedimientos para formular los planes de manejo de residuos peligrosos”, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, (15 pp.)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, (2006). “Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados”. Ciudad de México, (27 pp.)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, (2012), “Informe 2012-Residuos”, Ciudad de México, (46 pp.)

Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal-SEDEMA (2013) “Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal 2013- Capítulo I” Ciudad de México, (14 pp.)

Secretaría de Salud- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (2002) “Norma Oficial Mexicana NOM-189-SSA1/SCFI-2002, “Productos y servicios. Etiquetado y envasado para productos de aseo de uso doméstico”, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, (9 pp.)

Secretaría de Trabajo y Previsión Social (2002) “Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, “Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.”, Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, (49 pp.)

United Nations Human Settlements Programme, (2010) “Solid Waste Management in the World Cities”, en UN Habitat, Earthscan, London. (257 pp.). Disponible en: http://issuu.com/unhabitat/docs/solid_waste_management

Portales electrónicos oficiales:

Asociación Nacional de Bomberos de Chile, consultado en noviembre de 2014 y disponible en: <http://www.anb.cl/reptec/hazmat2.php>.

Delegación Venustiano Carranza, consultado en septiembre de 2014 y disponible en: <http://www.vcarranza.df.gob.mx/NUESDELE.html>.

Environmental Protection Agency en Australia-EPA, consultada en noviembre de 2015, artículos disponibles en: <http://www.fire.nsw.gov.au/page.php?id=300>
<http://www.epa.nsw.gov.au/managewaste/house-chemicals.htm>

Environmental Protection Agency en Estados Unidos-USEPA, consultada en noviembre de 2015, artículos disponibles en: <http://www3.epa.gov/epawaste/conserva/materials/hhw.html>.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, sección noticias, consultado en noviembre de 2014 y disponible en: <http://www.iagua.es/noticias/colombia/13/12/09/el-inadecuado-manejo-ambiental-de-residuos-peligrosos-en-diez-piscinas-de-cartagena-obligan-declarar-..>

Organización Safe Cosmetics, consultado en noviembre de 2015 y disponible en: <http://www.safecosmetics.org>

Plan Maestro de Rescate Integral de la Merced, consultado en octubre de 2014 y disponible en: <http://rescateintegraldelamerced.mx>.

Red Meteorológica del Distrito Federal, consultado en febrero de 2016 y disponible en: http://www.meteored.mx/clima_Venustiano+Carranza-America+Norte-Mexico-Distrito+Federal--1-70096.html.

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, consultado en enero 2016 y disponible en: <http://www.sedema.df.gob.mx>

SINGREM (Sistema Nacional de Gestión de Residuos de Envases y Medicamentos), consultado en enero de 2016 y disponible en: <http://www.singrem.org.mx/>

Hojas de seguridad, consultadas en diciembre de 2015

Paracetamol

<http://www.acofarma.com/admin/uploads/download/1668-7ef0b279f0b89f31c4754655d9fa9c700c0ff4ec/main/files/Paracetamol.pdf>

Amoxicilina

<http://www.facyt.com.ar/ckfinder/userfiles/files/Hojas%20de%20seguridad/MSDS%20FACYT%20Amoxicilina%2050%20EAM%2011Nov11%20%282%29.pdf>

Ácido clorhídrico

http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/56_12706_acido-clorhidrico.pdf

<http://www.uaci.mx/IIT/CICTA/Documents/Acidos/Acido%20Clorhidrico.pdf>

<http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/3hshcl.pdf>

<http://www.oppac.es/fds/Acido%20clorhidrico%2032.pdf>

Hipoclorito de sodio

http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/56_12741_hipoclorito-de-sodio.pdf

[http://www.consejocolombianodeseguridad.org.co/doc_static/cisproquim/hojas de seguridad/HIPOCLORITO DE SODIO.pdf](http://www.consejocolombianodeseguridad.org.co/doc_static/cisproquim/hojas%20de%20seguridad/HIPOCLORITO%20DE%20SODIO.pdf)

Acetato de butilo

<http://www.gtm.net/images/industrial/a/ACETATO%20DE%20BUTILO.pdf>

<http://www.oppac.es/fds/Acetato%20de%20butilo.pdf>

Acetona

<http://www.ctr.com.mx/pdfcert/Acetona.pdf>

Pilas, baterías y componentes

<http://professional.duracell.com/downloads/datasheets/safety/es/Duracell Nickel Metal Hydride Rechargeable Batteries Low Self-Discharge.pdf>

http://www.estis.net/sites/cien-bo/default.asp?site=cien-bo&page_id=577F2174-FA94-4296-9150-1D24415D1673

<http://www.oppac.es/fds/Cloruro%20de%20zinc.pdf>

Resina alquídica

<http://www.resimon.com/pdf/5172hsHDSM-5172.pdf>

Varsol

<http://www.corquiven.com.ve/PDF/MSDS-VARSOL.pdf>

<http://static.usp.org/pdf/EN/referenceStandards/msds/1003009.pdf>

[file:///C:/Users/Mumita/Downloads/MSDS%20Varsol%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Mumita/Downloads/MSDS%20Varsol%20(1).pdf)

Nitrocelulosa

<http://pyromex.mx/files/nitrocelulosa.pdf>

Peróxido de Hidrógeno

<http://www.asiquim.com/nwebq/download/HDS/Agua oxigenada 50.pdf>

Amoniaco

<http://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/7182.pdf>

http://www.foresosona.org/productes_quimics/protocols/amoniac25Hidroxodamoni.pdf

<http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/18amoniaco.pdf>

Dioxido de manganeso

https://www.labbox.com/FDS/ES/ES_Manganese%20IV%20oxide%2080_MNOX-00T-100_FDS_20110406_LABKEM.pdf

<http://portales.puj.edu.co/doc-quimica/fds-labqca-dianahermith/MnO2.pdf>

Hidróxido de potasio

<http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Acidos/Hidroxido%20de%20Potasio.pdf>

[http://www.anig.org.mx/pqta/pdf/KOH%20\(MSDS\).pdf](http://www.anig.org.mx/pqta/pdf/KOH%20(MSDS).pdf)

Varsol

<http://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/Hojas%20de%20Seguridad/HS%20Varsol%202015.pdf>

https://www.arlsura.com/files/varsol_CISTEMA.pdf

<http://www.fwpipe.com/msds/VARSOL%20SOLVENT%20MSDS.pdf>

ANEXOS

A. FORMATOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN CAMPO

A1. La encuesta



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRIA INGENIERIA AMBIENTAL

ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO FEDERAL

1. Identificación del punto de generación

Consecutivo		Teléfono	
Dirección		Colonia	
Contacto en el hogar			
Quien aplica el formato			
Fecha		N° habitantes	

2. Caracterización del generador

Quien se encarga del manejo de residuos en el hogar? _____

Sexo: M ____ F ____ Edad ____ Grado de escolaridad ____ Medio de comunicación preferido _____

3. Gestión de residuos

Categorías de residuos incluidas	Descripción	Se considera peligroso		Se genera		Frecuencia de generación					Almacenamiento temporal			Aprovechamiento y disposición			
		Si	No	Si	No	Diaria	Semanal	Mensual	De uno a seis meses	Anual	Con demás	separado	No almacena	Con los demás	Programa diarital y otros	Vende	
Mantenimiento automotriz	Aceite de motor Aditivos para gasolina y aceite Anticongelante Cera para autos Combustibles Limpiador de carburador Limpiador de motor Líquido de transmisión Líquido para frenos																
Productos para el mantenimiento del hogar	Empastes, masillas Pegamentos y adhesivos Pintura base agua y base solvente Removedor de pintura y barniz Selladores Solventes Tintas para madera																

Categorías de residuos incluidas	Descripción	Se considera peligroso		Se genera		Frecuencia de generación					Almacenamiento temporal			Aprovechamiento y disposición			
		Si	No	Si	No	Diaria	Semanal	Mensual	De uno a seis meses	Anual	Con demás	separado	No almacena	Con los demás	Programa diarital y otros	Vende	
Biocidas	Conservadores de madera Insecticidas Nafatolina en todas sus presentaciones Repelente de insectos Raticidas																
Productos de limpieza	Destapa caños Desinfectantes para baño Grasa para zapatos Pulidores y limpiadores de metales. Limpia azulejos Limpiadores base amoníaco o ácido clorhídrico Limpiadores de aluminio Limpiadores para hornos Productos para pulir muebles Quita sarro																
Médico-asistencial	Medicamentos caducos para humanos o mascotas Elementos de curación																
Acumuladores, pilas y baterías	Acumuladores, pilas y baterías Baterías ácido-plomo																
Cuidado personal	Cosméticos caducos Tintes para cabello																
Otros	Asbesto Desodorante de ambiente Explosivos (pirotecnia) Lámparas fluorescentes* Lámpara o focos ahorradores* Materiales para pintura artística (tubos de pintura) Productos de revelado fotográficos Productos químicos para albercas Radiografías																

A2. La generación diaria en cada punto de recolección

 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Ambiental				SECTOR	DELEGACIÓN	MUNICIPIO	ESTADO		
				ESTRATO:	FECHA	HORA	DIA N°		
REPORTE DE GENERACION POR PUNTO									
N° Registro	Consecutivo mapa	Dirección	N° habitantes	habitantes día	Bolsa 1	Bolsa 2	Bolsa 3	Bolsa 4	TOTAL
1	2401	FERROCARRIL DE CINTURA 55 C101							
2	2402	FERROCARRIL DE CINTURA 55 A201		2					
3	2403	FERROCARRIL DE CINTURA 55 B101		3					
4	3301	FERROCARRIL DE CINTURA 51 C202		2					

A3. Caracterización de los residuos

Peso volumétrico in situ de los residuos

 Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Ambiental			
ESTRATO:	FECHA	HORA	DIA N°
CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS IMPERANTES			
CÉDULA DE INFORME DE CAMPO PARA EL CUARTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS			
RESULTADOS			
CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL CUARTEO (Kg)			
CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA SELECCIÓN DE SUBPRODUCTOS (Kg)			
RESPONSABLE DEL CUARTEO			
NOMBRE			
PERFIL			
CÉDULA DE INFORME DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO- "IN SITU" DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES			
RESULTADOS			
CAPACIDAD DEL RECIPIENTE (m3)		TARA DEL RECIPIENTE (Kg)	
PESO BRUTO (Kg)		PESO NETO (Kg)	
PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU" DE LOS RESIDUOS (Kg/m3)			

Clasificación de los residuos

		Universidad Nacional Autónoma de México		
		Facultad de Ingeniería		
		Departamento de Ingeniería Ambiental		
SECTOR	DELEGACIÓN	MUNICIPIO	ESTADO	
ESTRATO:	FECHA	HORA	DÍA N°	
HOJA DE REGISTRO DE CAMPO				
SELECCION Y CUANTIFICACION DESUBPRODUCTOS				
PESO DE LA MUESTRA (Kg)				
RESULTADOS				
RESIDUOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS				
	PESO BRUTO	TARA	PESO NETO	%
Mantenimiento automotriz				
mantenimiento del hogar				
Biocidas				
Productos de limpieza				
Médico-asistenciales				
Acumuladores, pilas y baterías				
Cuidado personal				
Otros				
		TOTAL		
RESIDUOS NO PELIGROSOS				
	PESO BRUTO	TARA	PESO NETO	%
Aluminio				
Metal ferroso				
Metal no ferroso				
Vidrio				
Papel bond				
Papel periódico				
Papel de traza				
Otros papeles				
Cartón				
Algodón y trapo				
PET				
PE				
Plástico rígido				
PP				
PS				
otros plasticos				
Envases multicapas				
Cuero				
Hueso				
Loza y cerámica				
Madera				
sanitarios y servilletas				
pañales				
Residuos alimenticios				
Residuos de jardinería				
Residuos fino				
OTROS				
		TOTAL		

B. MUESTRAS DE CÁLCULO

B1. Cálculos generación per cápita

Generación por día

CÓDIGO MAPA	HABITANTES		BOLSA 1	BOLSA 2	...	TARA	TOTAL	TOTAL / HD
	USUALES	DÍA (HD)						
11105	10	10	3.036		...	0.050	2.986	0.2986
11302	3	3	0.258		...	0.050	0.208	0.0693
11401	5	10	1.264	2.614	...	0.100	3.828	0.3828

Generación promedio por hogar

CONSECUTIVO MAPA	DÍA 1	DÍA 2	...	DÍA 7	DIAS ACTIVOS	PROMEDIO DIAS ACTIVOS
10802	0.495	0.195	...	0.080	6	0.447
19201	0.413	0.419	...	0.309	7	0.450
16502	0.345	0.000	...	0.575	6	0.453

B2. Cálculos de composición

Composición por día

CORRIENTE	PESO BRUTO	TARA	PESO NETO	%PARCIAL	%TOTAL
Mantenimiento automotriz	0	0	0	0.000	0.000
Productos para el mantenimiento del hogar	0	0	0	0.000	0.000
Biocidas	0	0	0	0.000	0.000
Productos de limpieza	0.47	0.39	0.08	20.725	0.278
Médico-asistenciales	0.522	0.406	0.116	30.052	0.403
Acumuladores, pilas y baterías.	0	0	0.014	3.627	0.049
Cuidado personal	0.564	0.388	0.176	45.596	0.611
Otros	0	0	0	0.000	0.000
TOTAL			0,386	100,000	1.341

Promedio por corriente

CORRIENTE	% DÍA 1		% DÍA 2		...	% DÍA 7		PROMEDIO	
	Parcial	Total	Parcial	Total		Parcial	Total	Parcial	Total
M. automotriz	0.000	0.000	0.000	0.000	...	0.000	0.000	0.000	0.000
M.del hogar	6.660	0.124	3.409	0.033	...	19.403	0.000	4.912	0.084
Biocidas	0.000	0.000	0.000	0.000	...	0.000	0.000	0.000	0.000
Limpieza	19.043	0.355	0.000	0.000	...	0.000	0.278	19.607	0.593
Médico-asistenciales	22.268	0.415	76.136	0.726	...	17.910	0.403	39.294	0.895
Pilas y baterías	5.203	0.097	20.455	0.195	...	2.612	0.049	5.928	0.083
C. personal	40.999	0.764	0.000	0.000	...	60.075	0.611	27.097	0.512
Otros	5.827	0.109	0.000	0.000	...	0.000	0.000	3.162	0.101
TOTAL	100	1.864	100	0.954	...	100	4.912	100	2.269

C. PLANO DE SELECCIÓN ALEATORIA DE PREDIOS