

244  
20je.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1973  
1973



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## "ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN LAS FUENTES DE GENERACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES"

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
ULISES ORLANDO FUENTES JOACHIN

DIRECTOR DE TESIS:  
M.C. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS



MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

Señor

**ULISES ORLANDO FUENTES JOACHIN**

Presente.

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-223/91

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ALMACENAMIENTO TEMPORAL EN LAS FUENTES DE GENERACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES"**

**INTRODUCCION**

- I . ESTUDIO DE LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS**
  - II . FUENTES DE GENERACION**
  - III . REQUERIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO**
  - IV . TIPOS DE CONTENEDORES**
  - V . EJEMPLO DE APLICACION**
  - VI . CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, a 1o. de febrero de 1994.

EL DIRECTOR.

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\* nll

## Dedicatoria

A mis padres:

Jorge Agustín Fuentes O. *QEPD* y

Lucia Emilia Joachín S.

por sus consejos y apoyos para hacer posible la culminación de mis estudios.

A mi esposa:

Aña Luz del Rosario Martínez J.

Con amor y cariño

A mi hijo:

Andrés Agustín Fuentes Martínez

Como ejemplo que estimule tus metas a alcanzar en tu vida académica.

A mis hermano:

Argentina, Jorge, Mayra, Rony , Maynor

Con especial Cariño.

Especialmente a la memoria de mi hermana

Gladis América Fuentes *QEPD*

## AGRADECIMIENTOS

A mis centros de estudios, en especial a la Universidad Nacional  
Autónoma de México.  
Fuentes de saber y conocimiento, por todas las enseñanzas que recibí  
de mis profesores.

A mi Asesor de tesis:  
M.C. . Constantino Gutiérrez Palacios,  
Porque con sus conocimientos y consejos hizo posible este trabajo.

# INDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	<b>1</b>
DELIMITACIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO	<b>6</b>
Capítulo 1.	
ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.	
1.1 Importancia y objetivos	<b>16</b>
1.2 Generación per cápita	<b>16</b>
1.3 Composición física de los residuos sólidos municipales	<b>20</b>
1.4 Densidad de los residuos sólidos municipales	<b>30</b>
1.5 Humedad de los residuos sólidos	<b>32</b>
1.6 Peso volumétrico in situ	<b>34</b>
1.7. Volumen	<b>34</b>
1.8 Calidad y cantidad de los residuos	<b>35</b>
Capítulo 2	
FUENTES DE GENERACIÓN	
2.1 Generalidades	<b>38</b>
2.2 Determinación de las fuentes de generación	<b>39</b>

2.3 Clasificación de los residuos sólidos municipales	40
---	----

### Capítulo 3.

#### REQUERIMIENTOS DE ALMACENAMIENTO

3.1 Generalidades	49
3.2 Definición.	51
3.3 Objetivos del almacenamiento	52
3.4 Tipos de almacenamiento	53
3.5 Factores de diseño para el almacenamiento.	54
3.6 Características del almacenamiento	55
3.7 Formas de almacenamiento	57
3.8 Areas de almacenamiento	68
3.9 Evaluación de la situación actual	69

### Capítulo 4.

#### TIPOS DE CONTENEDORES

4.1 Generalidades	71
4.2 Definición	72
4.3 Características de los contenedores.	73
4.4 Tipos de contenedores	76
4.5 Contenedores para residuos sólidos municipales...	76

4.6 Diagnóstico de la situación actual	88
4.7 Criterios de selección	93
4.8 Diseño de los contenedores	94

Capítulo 5.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

5. Ejemplos	97
-------------	----

Capítulo 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	131
6.2 Recomendaciones	132

REFERENCIAS	134
-------------	-----

BIBLIOGRAFIA.	136
---------------	-----



## INTRODUCCION

La generación de residuos sólidos en la república mexicana ha llegado a niveles que rebasan los límites de la indiferencia; su magnitud, calidad y características, hacen que las autoridades y organismos correspondientes asuman una mayor atención para proponer soluciones adecuadas que minimicen o eliminen el impacto negativo que éstos puedan ocasionar al ambiente y fundamentalmente a la salud humana.

Históricamente los residuos sólidos han presentado grandes cambios de un época a otra, cuantitativa y cualitativamente, lo que ha hecho que muchas prácticas para tratarlos hayan quedado superadas y muchos problemas nuevos vayan apareciendo.

Desde la revolución industrial la cantidad de residuos sólidos que se generaban empezaron a llamar más la atención debido a la aparición de sistemas de producción ininterrumpidos de satisfactores y a la formación de una sociedad de consumo que se volvió exigente, lo que originó formas de producción masivas, con el consecuente incremento de residuos sólidos.

La generación de residuos sólidos está en razón directa fundamentalmente con los siguientes factores, como se explica a continuación:

a) El crecimiento poblacional.

A principios del siglo XIX, el 2% de la población mundial vivía en comunidades urbanas, con solo 50 ciudades con más de 100 000 habitantes, sin embargo a finales del siglo XX el 50% de la población mundial (3,250 millones de habitantes

estarán viviendo en zonas urbanas), lo anterior da una idea del acelerado proceso de urbanización y del incremento de la población citadina.

Se estima que a nivel mundial las 74 ciudades que en 1975 pasaban del millón de habitantes en los países en vías de desarrollo llegarán a ser 276 a finales del siglo.

En 1969 se estimaba una población de 275 millones de habitantes en América Latina: en 1973 se calculaba en 1973 millones, con una proyección de 756 millones al año 2000.

Ese gran crecimiento mundial de población, en particular de latinoamérica, tendrá una influencia directa en una mayor demanda de servicios de recolección y tratamiento de residuos sólidos, aunque será la población urbana la que de forma determinante incidirá en el incremento de esa producción.

En base a datos que consignó el Banco Interamericano de Desarrollo, BID, en 1975 la población urbana era de 187 millones que representaba el 62% de la población total. En el año 2000 manteniendo la tasa de crecimiento de 4.3 por ciento para la población urbana se proyecta que 578 millones de habitantes estarán viviendo en ciudades constituyendo el 75% del total. Esto significa que en 25 años la demanda potencial, solo por incremento de población urbana, será tres veces mayor. A nivel mundial se estará enfrentando un problema de población y urbanización, similar al de ciudades como México, Los Angeles California, Sao Paulo, Tokio, etc.

El explosivo crecimiento de las ciudades de América Latina ha provocado presiones excesivas sobre el ambiente.

Considerando que la urbanización se presenta en muchos casos de forma caótica, irracional y masiva, con efectos negativos para el desarrollo sustentado, las presiones se dan en primera instancia sobre los recursos naturales y en general en todo el ambiente en tanto se constituye en receptor de los residuos y desechos sólidos proveniente de la actividad económica.

La Comisión Económica para América Latina, CEPAL, hace ver que cuanto mayores sean los centros urbanos, mayores serán los requerimientos ambientales, e indica, "Según proyección de la ONU para el año 2000 las dos ciudades más grandes del mundo serán la de México y Sao Paulo con 30 y 35 millones de habitantes respectivamente. Es de imaginarse lo que esto va a representar en términos de demanda ambiental." (1)

El incremento cada vez mayor de los residuos sólidos debidos a la rápida urbanización y al aumento del aporte por habitante-día es un problema creciente en la mayoría de las ciudades grandes y medias de los países latinoamericanos.

Los grandes proyectos de abastecimiento de agua potable, los sistemas de alcantarillado, el tratamiento de las aguas negras o servidas, la generación de energía eléctrica, el desarrollo de vías y medios de comunicación así como el manejo y tratamiento de los residuos sólidos constituyen el eje básico de los servicios que deben prestarse a las comunidades.

Se ha determinado de acuerdo a estudios efectuados por la Organización Mundial de la Salud, OMS, la Organización Panamericana para la Salud OPS, los Organismos No Gubernamentales, ONG'S, e incluso instituciones gubernamentales, el fuerte rezago de los servicios relacionados con la producción de residuos sólidos en comparación con los otros.

#### b) El crecimiento industrial.

Este factor originó la generación de residuos a gran escala a la vez que desarrolló tecnologías que hicieron posible la introducción de una variedad de nuevos productos.

El Programa Nacional de Ecología en su apartado de diagnóstico menciona lo siguiente:

"El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación de los patrones de consumo, han generado un incremento en la generación de

residuos sólidos, unido a ello, se carece de la suficiente capacidad financiera y administrativa para dar un tratamiento adecuado a estos problemas.

Lo anterior se demuestra a través de los siguientes indicadores: La generación per cápita de los residuos sólidos se ha incrementado en las tres últimas décadas en casi siete veces; sus características han cambiado de biodegradables a elementos de lenta y difícil degradación. Del volumen total generado el 90% no cuenta con almacenamiento adecuado; solo se recolecta el 70% con técnicas y equipos deficientes; se da tratamiento al 5% y la disposición final de un 95% se realiza a cielo abierto".(2)

Cuando se estudian los residuos sólidos, en particular la generación per cápita, se percibe con claridad la incidencia de estos factores que en México están en constante ascenso, lo que hace que se constituya en un problema de grandes dimensiones, que requiere de una solución integral y multidisciplinaria por sus diversas facetas que presenta al igual que sus múltiples efectos; al respecto en el capítulo de metas y provisión de recursos el Programa Nacional de Ecología dice: "El problema de los residuos sólidos deberá ser resuelto entre otros factores al tamaño de las ciudades, su estructura, su densidad demográfica y topográfica.

Para ello se requiere de la participación directa de los gobiernos estatales y municipales, así como de la participación de los industriales y del sector social.

En materia de residuos sólidos municipales se deben establecer mecanismos técnicos, jurídicos, administrativos y financieros para que se incremente la cobertura de servicio." (3)

Llama la atención que, aun cuando el crecimiento industrial y sus nuevos productos han adquirido proporciones enormes, no se llega a consolidar un sistema para tratar con eficiencia residuos donde predominan los de características orgánicas, que son de fácil descomposición (como papel, cartón, latas, etc.); dicho de otra forma, como tratar los residuos orgánicos sigue siendo un reto, y en absoluto se tiene solución para el manejo de los nuevos productos industrializados, que en general son más complejos, por lo que requieren de mayor precaución en su tratamiento y consideraciones técnicas nuevas o especiales.

c) El nivel socio-económico.

El nivel de vida de una comunidad se relaciona directamente con la producción de residuos sólidos, tanto en el aspecto de la calidad como en la cantidad. Un aumento en el nivel de vida produce un elevado consumo de alimentos procesados, lo que trae consigo un aumento de envolturas y envases, tales como: Botes de conservas, botellas, cajas, etc., por lo mismo disminuyen los residuos de verduras, grasas y cenizas. Con un mayor poder adquisitivo se consumen más satisfactores consecuentemente se produce una mayor cantidad de residuos.

d) El nivel educativo de la población.

La falta de programas educativos que orienten sobre higiene y el cuidado del ambiente unido al bajo nivel educativo impide, en el renglón de los desechos sólidos, prestarle mayor atención a su control intradomiciliario, lo que origina un manejo inadecuado de los desechos, procreando fauna nociva como son roedores, cucarachas, moscos, etc., portadores de microorganismos que afectan a la salud. En otros términos, la falta de conciencia del problema provoca indiferencia en sus efectos, que se revierten en perjuicio de la salud de ellos mismos.

Entre otros factores que contribuyen a la actual producción de residuos sólidos en las sociedades de consumo se pueden mencionar, el ritmo comercial de nuestra sociedad, la continua conquista de nuevas metas tecnológicas a nivel mundial, en contraste, el bajo desarrollo tecnológico para tratar los residuos y la frecuente creencia errónea de que los recursos naturales son inagotables.

La explosión demográfica y el crecimiento industrial constituyen los dos factores que fundamentalmente han determinado las dimensiones actuales del problema de los residuos sólidos, son fenómenos fácilmente observables en varias ciudades del país, tales como: La ciudad de México, Monterrey, Puebla, Guadalajara, Toluca, Mexicalli y Cuernavaca entre otras.

Lo cierto es que tanto en ciudades pequeñas y medias se ven ya enfrentadas las autoridades a proponer una solución práctica a la creciente generación de residuos sólidos. En el caso de la ciudad de México se agrava la situación por la presencia de una población diaria flotante, calculada en cerca de dos millones de personas, provenientes principalmente de la zona conurbada del valle de México, la afluencia de visitantes interesados en trámites político-administrativos federales,

fundamentalmente, y de aquellos que vienen por actividades diversas como negocios y turismo.

La solución al problema de los residuos sólidos en la primera etapa debe contar con elementos de tipo social y técnico, o sea, en el momento en que se genera requiere por una parte de un conocimiento básico de la población sobre el manejo intradomiciliario de los residuos y por el otro se requiere contar con los elementos técnicos que permitan un manejo adecuado de estos residuos, en particular el almacenamiento temporal que se necesita hasta el punto en que éstos pasen a ser manejados por las autoridades o por una empresa privada especializada encargada de desarrollar las otras fases subsecuentes.

## **DELIMITACION DEL TEMA DE ESTUDIO**

Como ya se mencionó, debido a la industrialización, los residuos sólidos han experimentado cambios en sus características, observándose variaciones en su cantidad y calidad; la diversidad de nuevos productos que son incorporados al mercado, como consecuencia de los nuevos procesos tecnológicos presentan nuevos desechos, que requieren de una clasificación amplia para proporcionarle un manejo adecuado, sin que constituyan riesgo para el medio y sus diferentes poblaciones.

Considerando sus características los residuos sólidos se dividen en tres grupos:

- Residuos sólidos no peligrosos
- Residuos sólidos peligrosos y
- Residuos sólidos especiales.

A continuación se definen cada uno de estos grupos:

### Residuos sólidos peligrosos.

Los residuos sólidos peligrosos por lo general son productos de la industria. Su clasificación es en base a las sustancias peligrosas que contenga y al período de tiempo necesario que tarda en ocasionar daño a la vida de hombres, plantas y animales; por lo general presenta al menos una de las siguientes características: Flamables, corrosivos, reactivos irritantes y tóxicos.

En el pasado los desechos peligrosos a menudo se agrupaban en las siguientes categorías: sustancias radioactivas, químicas, desechos biológicos, desechos flamables y explosivos. En la categoría de los químicos se agrupaban los tóxicos, activos y corrosivos. La principal fuente de desechos biológicos son los hospitales.

La EPA de los Estados Unidos de Norteamérica los define de la siguiente forma: "Se entiende como residuos peligrosos cualquier residuo o combinación de residuos, que represente un peligro inmediato o potencial para la salud humana o para otros organismos vivos por dichos residuos no degradables o persistentes en la naturaleza, o porque pueden magnificarse biológicamente, o porque pueden ser letales o porque de cualquier otra forma puedan causar o tender a causar efectos acumulativos perjudiciales".(4)

La ley general del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente, define los residuos sólidos peligrosos de la siguiente forma: "Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente."(5)

Como se ve en las definiciones anteriores sobre residuos sólidos peligrosos, la EPA en su definición hace énfasis en los daños que causan a la salud humana, mientras que nuestra legislación se limita a definirlos por sus características tóxicas, corrosivas o infecciosas, etc.

### Residuos sólidos especiales:

Son todos aquellos generados en procesos industriales, actividades agrícolas, servicios hospitalarios; que por sus características físicas, químicas y/o biológicas, deben ser tratados, manejados y dispuestos de manera especial. En este caso su volumen no es muy grande. En los residuos sólidos municipales se generan residuos que pueden llegar a ser peligrosos en su manejo, pero considerando fundamentalmente su cantidad, no requieren de un tratamiento especial, (como son los casos del mercurio cuando se quiebra un termómetro, las películas fotográficas, el líquido de las pilas, entre otros).

### Residuos sólidos no peligrosos.

Son todos aquellos que para su manejo y tratamiento no requieren de un manejo especial y controlado debido a que sus características no poseen elementos que pongan en riesgo la salud humana. Los residuos sólidos municipales y los residuos sólidos industriales son dos grandes grupos que lo integran, mismos que se definen a continuación.

### Residuos sólidos industriales:

Se entiende por residuos sólidos industriales los generados en procesos y operaciones unitarias de fábricas e industrias, y la basura putrescible de las instalaciones de procesos de productos alimenticios, rastros, etc. No se incluyen los residuos provenientes de las actividades comerciales de los establecimientos industriales, ni aquellos que son producto de operaciones comerciales dedicadas a la industria de la construcción urbana que abarca edificios, parques, jardines y servicios públicos en general. En el presente trabajo no se analizan los aspectos relacionados con este tipo de residuos y solo serán utilizados datos estadísticos con fines comparativos.

### Residuos sólidos municipales:

De acuerdo a las normas oficiales mexicanas sobre residuos sólidos, se define como residuos sólidos municipales a "Aquellos que se generan en: Casa habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados en actividades



municipales, que no requieren técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios y centros de investigaciones".(6)

Por la diversidad de sus fuentes, su manejo se hace complejo y requiere de soluciones integrales, que se estudian adelante.

Hacer un estudio global de los residuos sólidos que incluya las tres categorías especificadas no es el objetivo del presente trabajo, por las particularidades que encierra cada una de éstas y lo extenso que sería su presentación; lo acertado es estudiarlos a cada una en particular, en este caso nos referiremos a los residuos sólidos municipales.

Aún así, hablando del sistema de los residuos sólidos municipales se considera conveniente centrar el estudio en una de las partes del sistema, como es el almacenamiento temporal en las fuentes de generación, debido a su importancia dentro del proceso de tratamiento de los residuos sólidos; y porque no ha sido objeto de estudios específicos, al menos en México, los cuales tengan como meta optimizar el manejo de los residuos sólidos municipales, a través de la identificación de cada una de las fuentes de generación, para conocer sus características, y las prácticas de almacenamiento existentes, para compararlas con las de otros países, de acuerdo a los avances tecnológicos sobre la materia y a disposiciones normativas.

En el sistema de residuos sólidos municipales se identifican los siguientes procesos:

- Generación
- Almacenamiento
- Recolección
- Transporte
- Transferencia
- Disposición final.

Cada uno de estos elementos tienen sus características propias, algunas de las cuales han sido frecuentemente estudiadas.

A continuación se definen cada uno de estos elementos.

#### **Generación:**

Se entiende por generación a la cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo.

#### **Almacenamiento:**

Es la acción de retener temporalmente los residuos sólidos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se disponen.

#### **Recolección:**

Acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado a conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final.

#### **Transportación:**

Es el conjunto de actividades que a través de diferentes recursos mecánicos permiten trasladar los residuos sólidos desde sus fuentes de generación a los lugares de tratamiento, estaciones de transferencia o sitios de disposición final.

#### **Disposición final:**

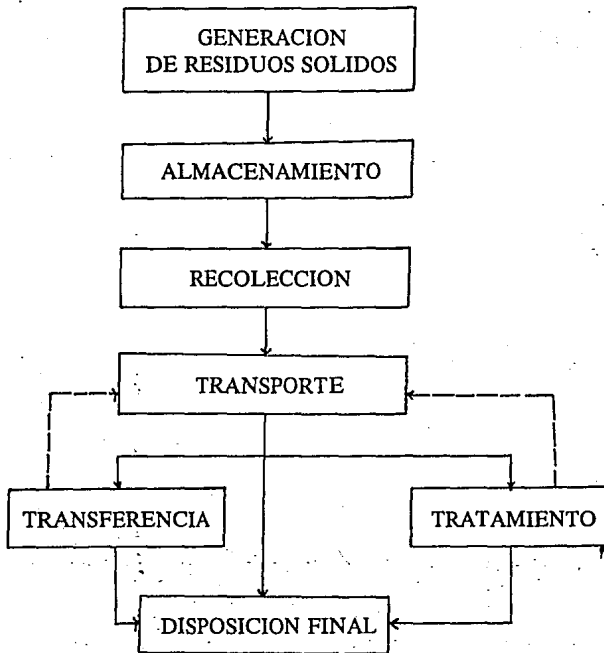
Es el depósito permanente de los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños a los ecosistemas.

En la figura 1 se presenta un diagrama de flujo del sistema de manejo y tratamiento de los residuos sólidos municipales.

Para presentar un sistema de tratamiento integral cuyo objetivo responda satisfactoriamente a la resolución de los problemas que causa la generación de

residuos sólidos, se deben tener en cuenta soluciones adecuadas en cada uno de los aspectos que integran el sistema, con el fin de no ocasionar impactos negativos al ambiente.

### 1.-SISTEMA DE MANEJO Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.



De estudios conocidos, se tiene amplia información sobre los sistemas de recolección, transporte, disposición final y de las características de generación. No sucede lo mismo con los sistemas de almacenamiento temporal de los residuos sólidos. En el caso concreto de México se han hecho avances para almacenar residuos sólidos peligrosos, considerado esto como la incorporación de tecnología para el manejo y el tratamiento, así como la normativización de las prácticas que permitan tener un control sobre dichos residuos de parte de generadores y autoridades; aunque esos logros son insuficientes de acuerdo a lo obtenido internacionalmente, es bueno mencionar que son avances considerables.

Se tiene la idea de que el almacenamiento temporal de los residuos sólidos municipales no constituye ningún problema; algunos autores opinan que en la mayoría de los casos el problema empieza con la recolección. Por regla general se considera que los contenidos de los botes de residuos que se colocan fuera de la casa, cerca del borde de la acera o directamente en camiones que comprimen los desechos para aumentar la capacidad del vehículo, hasta ese momento no representan problema alguno o constituyen acciones ajenas a todo el sistema, cuando en realidad son parte del inicio de todo el conjunto de actividades del sistema de manejo de los residuos.

Conociendo estos puntos, el presente trabajo se centra en estudiar los diferentes aspectos relacionados con el almacenamiento temporal de los residuos sólidos municipales. Con la finalidad de abundar en su conocimiento, determinar las prácticas que al respecto se tienen en nuestro medio, estudiar otras experiencias de países con mayor desarrollo que den soluciones adecuadas a este aspecto del sistema de tratamiento de residuos sólidos.

Para alcanzar su objetivo el trabajo se dividió en cinco capítulos. El primero, denominado Estudio de la Producción y Composición de los Residuos Sólidos Municipales, donde se definen todos los elementos que nos ubican dentro del campo de estudio, así como las herramientas de carácter teórico y práctico que son necesarias para entender los aspectos centrales del presente estudio. Se describen brevemente los métodos que están establecidos por las normas oficiales mexicanas sobre protección del ambiente, para realizar estudios que nos indiquen la forma de determinar las características de los residuos que se generan; se describen cada una de las características físicas de los residuos, en particular aquellas que son necesarias conocer para llevar a cabo el almacenamiento temporal de los residuos sólidos. Por lo general son más características de tipo físico las

que hay que tomar en cuenta en esta fase del tratamiento de los residuos sólidos municipales.

En el segundo capítulo denominado Fuentes de Generación, se analizan, las diferentes fuentes generadoras de residuos sólidos municipales, se describe cada una de ellas, haciendo énfasis en las características de sus residuos, lo que permite tener información para proponer una solución del tipo de almacenamiento que se requiere.

El tercer capítulo se define como Requerimientos de Almacenamiento, en esta parte del trabajo se realiza una investigación sobre los diferentes tipos de almacenamiento que existen, se analizan sus objetivos así como los tipos, formas, factores y características que hacen posible un sistema de almacenamiento eficiente y funcional en relación a los otros elementos del sistema de manejo y tratamiento de los residuos sólidos.

Como consecuencia del capítulo anterior, el cuarto profundiza en el conocimiento de los contenedores, que constituyen un caso particular para almacenar residuos sólidos, debido a su utilidad y versatilidad para ofrecer soluciones de acuerdo a la fuente de generación que se trate; se analizan los diferentes elementos que hacen posible la elección del contenedor, considerando diversos factores y condiciones para diseñar un prototipo que nos permita alcanzar el objetivo de un programa de tratamiento de residuos sólidos, que consiste en hacer que estos últimos no constituyan focos de contaminación que perjudiquen la salud de los conglomerados humanos.

El capítulo quinto contiene varios ejemplos estructurados en base a los datos obtenidos en observaciones y mediciones realizadas en el lugar de generación; en cada ejemplo se aplican los diferentes conceptos estudiados, relacionados con las características de los residuos, las fuentes de generación, los criterios de almacenamiento y los tipos de contenedores.

Finalmente se presentan las recomendaciones y conclusiones, contenidas en el capítulo seis, en las cuales se manifiesta la necesidad de desarrollar en la práctica un almacenamiento temporal de residuos sólidos municipales que responda a las condiciones actuales; por un lado que considere a los usuarios como un factor

elemental, y por otro a los volúmenes de residuos que se manejan, sus características, etc.; a la vez que haga uso de los recursos tecnológicos y legislativos, conjuntando todos estos elementos hacen posible un almacenamiento estético, económico y eficiente.

# 1. ESTUDIO DE LA PRODUCCION Y COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

## 1.1 Definición.

La Environmental Protection Agency, EPA, de los Estados Unidos de Norteamérica, (1989), define a los residuos sólidos como: "Cualquier basura, desperdicio, lodos y otros materiales sólidos de desechos, resultantes de las actividades industriales, comerciales y de la comunidad. No incluye sólidos o materiales disueltos en las aguas domésticas servidas o de cualquier otro contaminante significativo en los recursos hídricos, los limos, ni los sólidos suspendidos o disueltos en los efluentes de las aguas servidas industriales, ni los materiales disueltos en los canales de retorno de irrigación, ni otros contaminantes comunes en el agua."(7)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente mexicana define a los residuos sólidos como: "Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó." A la vez que residuo sólido es "Cualquiera que posea suficiente consistencia para no fluir."(8)

Al final un residuo se entiende como producto o resultado de un proceso, de acuerdo a lo ya definido, éste puede volverse a utilizar en otros procesos diferentes, sin o con previo tratamiento, una vez que sea manejado adecuadamente para sus posteriores aprovechamientos. En el presente trabajo se utilizará el término de residuos sólidos, se tratará de ser rigurosos en éste aspecto.

## 1.2 Importancia y objetivos

El análisis de la producción, así como de la composición física y química de los residuos sólidos municipales constituyen una herramienta necesaria para la planificación, el manejo y el tratamiento de los residuos, siendo de utilidad para proyectar, desarrollar y evaluar sistemas para el manejo integral de los residuos (por ejemplo: El almacenamiento, el transporte, el tratamiento o la disposición final o bien para desarrollar sistemas de transformación tales como la producción de biogás, compostaje, etc.)

Con el paso del tiempo, la composición de los residuos sólidos ha ido cambiando, por las constantes modificaciones de las características de los propios residuos, por lo que la constante actualización de su estudio es necesaria para permitir soluciones en su tratamiento de acuerdo a esos cambios.

Conocer las diferentes características de los residuos sólidos nos ayuda a plantear soluciones apropiadas para su manejo; para determinarlas existe una normatividad establecida por la Secretaria de Desarrollo Social, SEDESOL, que proporciona definiciones y lineamientos a seguir en la realización de un estudio.

El estudio de la calidad y composición de los residuos sólidos es importante porque contribuye al diseño técnico de sistemas de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de los residuos. Una adecuada evaluación de las características físico-químicas de los residuos sólidos, en particular de la materia orgánica, permite utilizarlos como fuente de materia prima para elaborar composta o producir concentrados alimenticios para la crianza de animales.

## 1.3 Generación per cápita

La generación de residuos sólidos municipales por persona por día, llamada también la producción per cápita y en las normas mexicanas generación per cápita (GPC), muy útil para determinar la producción de los residuos sólidos domésticos de una población y así dimensionar los sistemas de almacenamiento, recolección y tratamiento de los residuos. En la norma oficial mexicana, NOMRS-2, están contenidos los lineamiento para determinarlo.



Para su obtención se aplica la siguiente fórmula:

$$GPC = (\text{kg recolectados})/(\text{número de habitantes})$$

La confiabilidad de los datos de la GPC depende de la representatividad del muestreo y de la certeza de los cálculos del número de habitantes.

El aporte de producción de residuos sólidos per cápita y por día está aumentando en las ciudades de países industrializados y de países en desarrollo, aunque las tendencias difieran tanto en peso como en volumen.

Estas diferentes tendencias tienen que ver con el desarrollo de los países, concretamente con el producto nacional bruto y con el ingreso per cápita, aunque se concluye que en América Latina la generación per cápita está aumentando anualmente y que ese incremento está en relación con los mayores ingresos por persona como consecuencia de la influencia de los hábitos de la sociedad de consumo.

De lo anterior se desprende que la producción de desechos sólidos crecerá aceleradamente, siguiendo la tendencia de los países industrializados. En el año 2000 si la generación per cápita es de 0.8 kg/hab/día, se estará produciendo 462 400 toneladas por día en las ciudades latinoamericanas, es decir 5 veces la producción actual. Pero si se llega a un promedio de 1.2 kg/hab/día, la producción de la población urbana de América Latina será casi 8 veces la producción de los residuos actuales. (9)

En México la generación de residuos sólidos es un reflejo del acelerado desarrollo que ha experimentado en las últimas 3 décadas el país.

La creciente industrialización de los principales centros urbanos ha traído consigo la desmedida migración del campo a la ciudad. La producción cada vez mayor de artículos de consumo y el acceso de estos a grupos de población en rápido aumento ha ocasionado paralelamente que los residuos sólidos municipales

contengan un creciente porcentaje de materiales no degradables, fundamentalmente plásticos.

Como se muestra en la tabla 1.1. se estima que en la actualidad se producen cerca de 70 mil toneladas diarias de residuos sólidos municipales en el país, que en su mayoría son eliminados a cielo abierto sin tratamiento alguno, creando focos de infección y contaminación que amenazan seriamente la salud pública y el equilibrio ecológico del ambiente.

AÑO	POBLACION	GPC Kg/h/día	GENERACION N DOMICILIOS	OTROS TON.	GENERACION
1988	81 643	0.566	47 482	9 496	58 619
1992	96 240	0.613	58 962	11 792	70 754
2000	107 777	0.718	77 365	15 475	92 838

Elaborada en base a estudios de generación efectuados por SEDUE y apoyados en proyecciones de población para el año 2000

A continuación en las tablas 1.2 y 1.3 se presentan diferentes valores de GPC de varios países y ciudades, donde se pueden apreciar los altos valores de GPC en países desarrollados en relación a otros en vías de desarrollo y a los que están rezagados económica y socialmente.

NIVEL SOCIO-ECONOMICO	GENERACION PER CAPITA kg/hab/día	NUMERO DE ESTUDIOS
BAJO	0.506	28
MEDIO	0.547	47
ALTO	0.658	31
MEDIA	0.566	35

FUENTE: Políticas y Estrategias en el manejo de los Residuos Sólidos Municipales e Industrias en México. SEDUE

PAIS	GPC kg/hab/día	CIUDAD	GPC kg/hab/día
Canadá	1.90	México D.F.	0.90
Holanda	1.50	Río de Janeiro	0.90
Suiza	1.20	Buenos Aires	0.80
Japón	1.00	San José C.R.	0.74
Europa	0.90	San Salvador	0.68
México	0.75	Lima	0.50
India	0.40		

FUENTE: Guía para el Desarrollo del Sector de Aseo Urbano en Latinoamérica y el Caribe, OPS.

En la tabla 1.4 se presentan diferentes valores de GPC de la república mexicana por zona, donde puede apreciarse la diferencia que existe entre zonas de mayor densidad de población urbana en relación con aquellas que no tienen esta característica como es el caso de la zona sureste.

ZONA	NUMERO DE HABITANTES	GPC KG-HAB-DIA	TONS. DIARIAS	TONS. ANUALES	%
FRONTE- RIZA	7'647,643	0.664	4,973	1'800,545	8.74
NORTE	16'628,750	0.698	11,607	4'236,555	20.56
CENTRO	34'646,270	0.617	21,337	7'802,605	37.87
D.F.	11'354,005	0.960	10,995	4'011,350	19.48
SURESTE	11'366,670	0.718	7,536	2'570,640	13.35
PROMEDIO		0.720			

FUENTE: Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, 1988, Dirección General de Servicios Urbanos. DDF

#### 1.4 Composición física de los residuos sólidos municipales.

La composición cambia según varios elementos, pero depende esencialmente de los siguientes factores:

El nivel de vida:

El crecimiento del nivel de vida produce aumento de la cantidad de los residuos, provocado por la aparición de diversidad de empaques, botes, plásticos, papeles, cartones, etc. Por el contrario, este factor disminuye la presencia de residuos de alimentos, verduras, restos de carnes, grasas y cenizas. Una prueba de ello es que el índice de producción de residuos inorgánicos en los E.E.U.U., es tres veces mayor que los de México, al mismo tiempo el porcentaje de residuos orgánicos alcanza solamente el 30% de la producción total por habitante/por día y en México llega al 50%. El uso de sistemas de gas para cocinar, disminuye la producción de cenizas como resultado de cocinar con leña.

Estación del año:

Como es lógico en verano se producen más residuos de verduras y frutas; en invierno quizá más botellas de conservas y bebidas, latas y envolturas.

Modos de vida de la población:

En la actualidad, el modo de vivir de la población en los grandes edificios de departamentos o casas habitación es muy diferente del antiguo, en donde habían casas y todos los productos se preparaban personalmente y se consumían muchas verduras y productos naturales, esta diferencia tiene que ver con el volumen, en inmuebles colectivos, el cual será más importante que en residencias que dispongan de espacios, hallándose en los últimos más desperdicios vegetales.

Epoca del año:

En diciembre, la tendencia consumista hace que se produzca más residuos inorgánicos, más envolturas, botellas, latas y en la época de lluvias los residuos tienen mayor humedad y ésta depende también del clima y del nivel de vida de la población.

Día de la semana:

Los residuos producidos los días laborales no tienen la misma composición que los fines de semana.

Una clasificación física general de los residuos sólidos domésticos podría ser la siguiente:

- 1.- Desechos de alimentos (materia orgánica)
- 2.- Papel
- 3.- Cartón, latas
- 4.- Plásticos, cueros
- 5.- Textiles y trapos
- 6.- Cauchos
- 7.- Maderas
- 8.- Toda clase de vidrios
- 9.- Metales no ferrosos
- 10.- Metales ferrosos
- 11.- Ladrillos, piedras, polvo, cenizas
- 12.- Vidrios
- 13.- Huesos
- 14.- Otros

Con la selección de estos componentes se puede obtener una visión lo suficientemente completa de la calidad de los residuos que permiten realizar sobre una base cierta estudios sobre la mejor solución para el servicio de limpia. Sin embargo, se pueden llevar a cabo modificaciones de agrupamientos de residuos, dependiendo del objetivo específico para el cual se está haciendo el análisis. Es importante especificar en que fase del manejo se tomó la muestra con el fin de poder efectuar comparaciones.

No existe una forma definida para la clasificación física de los residuos sólidos domésticos. la mejor forma de medir las cantidades de los residuos para clasificarlos es pesandolos expresando su peso en kilos o toneladas al día o por año respectivamente.

Para obtener la composición física, se vuelca el contenido de cada cilindro (proveniente del camión o de las bolsas), en una mesa de trabajo, donde los residuos se separan manualmente y se pesan.

La composición física se expresa en porcentaje de peso y, a veces de volumen. Para calcularla en porcentaje de peso, se compara el peso de la especie separada con el peso total de residuos, obteniéndose la fracción de dicha especie en la muestra.

$$\% \text{ de la fracción} = \frac{\text{peso de la especie separada}}{\text{peso total de los residuos}}$$

En el año de 1991 se hizo un estudio para determinar las características físico-químicas de los residuos sólidos del Distrito Federal, en el mismo se determinó la composición física de los residuos de acuerdo a la norma NOM-AA-22-1985 "Selección y Cuantificación de los Subproductos" de SEDUE, esta norma agrupa los residuos de una muestra en 27 subproductos, siendo estos:

Algodón	lata	plástico rígido
cartón	loza y cerámica	poliuretano
cuero	madera	poliestireno exp.
residuo fino	Mat. de Const.	hule
Env. cartón Enc.	Mat. ferroso	Res. alimenticios
fibra dura vegetal	Mat. no ferroso	trapo
fibra sintética	papel	vidrio de color
hueso	pañal desechable	vidrio transparente
residuo de jardinería	plástico de película	otros.

A continuación se presenta una especificación de los residuos sólidos agrupados por subproducto, como se describió en el párrafo anterior.

Algodón:

Se refiere al algodón suelto, generalmente utilizado para curación, también hay casos en que se usa como relleno.

**Cartón:**

Cajas de cartón para almacenar aceites, galletas, zapatos, pastas de cuadernos, folders, cajetillas de cigarros.

**Cuero:**

Zapatos donde predomine el cuero, chamarras, monederos, cinturones, bolsas, etc.

**Residuo fino:**

Todo lo que pase la malla DGN. No. 10 (2 mm), por lo general es tierra, arena y algunos residuos orgánicos finos.

**Envases de cartón encerado:**

Cajas que contienen leche, jugos, en general productos perecederos.

**Fibra dura vegetal:**

Lazo, zacate, hojas de elote, canastas, sombreros, o productos de mimbre, escobas de mijo.

**Fibra sintética:**

Medias de nylon, costales de plástico entrelazado, algunas telas de camisas y alfombras.

**Hueso:**

Se refiere generalmente al hueso de desperdicios alimenticios, incluye conchas y restos de mariscos y jaibas.

**Hule:**

Pelotas de vinil, muñecas, cámaras de llantas, llantas, algunos tipos de recipientes como cubetas, gomas para protección de muebles, ligas y empaques.

#### Lata:

Son aquellos recipientes metálicos para contener cerveza, refrescos, jugos, chiles, verduras, pinturas, etc. Actualmente también se utilizan latas de aluminio pero estas se consideran dentro del concepto de material no ferroso, en función del material de que están hechas.

#### Loza y cerámica:

Restos de figuras decorativas, vajillas, partes eléctricas o aislantes térmicos.

#### Madera:

Se refiere a tablas, palos de escoba, mangos de cepillos, restos de muebles, embalaje de madera, no incluye ramas ni troncos.

#### Material de construcción:

Piedras, cascajo, ladrillos, restos de mezcla o morteros o acabados, azulejos.

#### Material ferroso:

Son considerados los residuos que se adhieren al imán y por lo general son: Tapas, ganchos, tornillos, clavos, alambre, fichas, grapas, tubos, algunas pilas, etc.

#### Material no ferroso:

Restos de productos de cobre, aluminio, plomo, bronce como tuberías, artículos de plomería, eléctricos, empaques de medicina, etc.



**Papel:**

Incluye papel periódico, de revistas, libros, cuadernos, papel estraza, revolución, de computadora, papel higiénico, de baño facial y de cocina.

**Pañal desechable:**

Se catalogan aquí el pañal desechable infantil, de adultos y toallas sanitarias.

**Plástico de película:**

Bolsas de polietileno de tiendas comerciales, de frituras, envolturas plásticas como forros, cubiertas, etc.

**Plástico rígido:**

Juguetes, recipientes como cubetas, tinas, artículos de cocina, cepillos, partes automotrices como defensas, micas, acrílicos, etc.

**Poliuretano:**

Productos de espuma de poliuretano como figuras decorativas, vasos, platos, empaques para protección, etc.

**Poliestireno expandido:**

Recipientes de refrescos sin gas, por ejemplo, los llamados por su marca "frutsi", de shampoos, de aceites de cocina, residuos de industria pequeña, etc.

**Residuos de jardinería:**

Ramas, troncos, varas, pasto, flores, hojas, follaje, etc.

**Residuos alimenticios:**

Se refiere a restos de comida como: Tortillas, pan, comida cocida o cruda, galletas, dulces, harinas, semillas, etc.

Trapo:

Ropa de todo tipo, algunos tenis, gasas, vendas, cortinas, algunos tapices.

Vidrio de color y transparente:

Productos de vidrio separados en transparente como: Botellas rotas o enteras, vidrios de ventanas o cubiertas, figuras decorativas; o de color como: Botellas de cerveza, de cremas, de medicina, algunas vajillas, los colores más frecuentes son: Azul, ámbar, esmeralda y blanco.

Otros:

Se refiere a aquellos residuos que no se pueden integrar dentro de los subproductos anteriores como: Cabello, cera, parafina, carbón, plastilina, chapopote, pintura vítlica, en general materiales semilíquidos o muy heterogeneos como algunos aparatos electrodomésticos y automotrices.

La clasificación de algunos productos se dificulta por su composición heterogenea, por lo que al agruparlos se requiere contar con experiencia y criterio, así como claridad en el objetivo que se persigue para clasificarlo, ejemplo de lo anterior es la frecuencia con que se encuentran ciertos recipientes de vidrio, metal o plástico que contienen, líquidos, o semilíquidos como shampoo, mayonesa, pintura, o aerosoles, en el caso de estos últimos su manejo es especial, ya que no se pueden perforar ni someterse a determinadas temperaturas. Sucede en ocasiones que al salirse estos restos contenidos en los recipientes varían el contenido de humedad y el peso; es frecuente encontrar residuos compuestos de diferentes subproductos como es el caso de juguetes de metal y plástico, bolsas de piel y textil, envases de cartón con tapas fijas de metal.

Dependiendo de la metodología que se utilice y los fines que se persigan se pueden considerar los objetos de gran volumen y composición heterogenea como

colchones, sillones, archiveros, muebles en general, andaderas, llantas de camiones, etc.

Se puede ver a partir de los datos de la tabla 1.5 la diferencia de valores que existe entre los países industrializados y México (país en vías de desarrollo), mientras en los primeros son mayores los porcentajes de residuos sólidos inorgánicos, en el caso de México los productos orgánicos constituyen la mitad de la generación de residuos. La diferencia en la calidad de los residuos es más grande de acuerdo a los niveles de desarrollo como se puede concluir en la información referida al comparar los valores de generación de residuos sólidos de la India con los de cualquier país industrializado.

Tabla 1.5 COMPOSICION DE LOS RESIDUOS (% EN PESO) EN DIVERSOS PAISES							
PAIS PNB/CAP	SUECIA	EUA	JAPON	EUROPA	MEXICO	PERU	INDIA
Cartón y papel	44.0	36.0	40.0	30.0	20.0	10.0	2.0
Metales	7.0	9.2	2.5	5.0	3.2	2.1	0.1
Vidrio	5.0	9.8	1.0	7.0	8.2	1.3	0.2
Textil	---	2.1	---	3.0	4.2	1.4	3.0
plástico	10.0	7.2	7.0	6.0	3.8	3.2	1.0
Orgánicos	---	26.0	---	30.0	50.0	50.0	75.0
Otros	34.0	9.7	49.5	19.0	10.6	32.0	18.7
FUENTE: Guías para el Desarrollo del Sector de Aseo Urbano en Latioamérica y el Caribe. OPS.							

El análisis de la composición de los residuos sólidos a nivel de la república es importante para poder desarrollar una política de carácter federal que proporcione soluciones adecuadas a cada región; en la tabla 1.6 se presentan datos relacionados con la composición de los residuos sólidos municipales en el Distrito Federal y en la tabla 1.7 diferentes valores correspondientes a las zonas que integran México.

**Tabla 1.6 COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS DE LA CIUDAD DE MEXICO**

SUB-PRODUCTO	%	SUB-PRODUCTO	%
Material orgánico	49.070	Papel	15.306
Vidrio blanco	5.640	Cartón	4.602
Trapo	4.210	Lata	2.802
plástico película	2.718	Vidrio de color	2.618
Hueso	1.293	Mats. de Const.	1.280
Envases tetrapak	1.187	Plástico rígido	1.085
Cuero y piel	1.023	Madera	0.801
Fierro	0.347	Fibras	0.307
Papel estaño	0.107	Hulespuma	0.036
Poliestireno Exp.	0.030		

FUENTE: Deffis Armando. La Basura es la Solución. México

**Tabla 1.7 COMPOSICION PORCENTUAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

SUBPRODUCTOS	FRONTERIZA	NORTE	CENTRO	SUR
CARTON	2.96	4.2	4.08	4.43
RESIDUOS FINOS	4.59	9.52	6.16	6.25
HUESO	0.51	0.58	0.93	0.60
HULE	0.70	0.77	0.89	0.30
LATA	3.07	2.42	2.08	2.75
MATERIAL FERROSO	0.50	0.45	0.85	1.35
MATERIAL NO FERROSO	0.22	0.56	0.44	0.99
PAPEL	13.83	9.98	8.63	6.77
PAÑAL DESECHABLE	4.87	2.54	2.74	3.94
PLASTICO PELICULA	2.63	3.72	3.26	3.89
PLASTICO RIGIDO	2.75	2.34	1.93	2.34
RESIDUOS DE JARDIN	15.05	7.34	6.92	7.73
R. DE ALIMENTOS	25.22	37.73	37.46	40.20
TRAPO	2.48	1.91	1.97	1.23
VIDRIO DE COLOR	3.91	3.30	2.81	3.88
VIDRIO TRANSP.	4.14	4.19	4.07	4.20
OTROS	13.37	8.45	14.08	9.05
TOTALES	100.00	100.00	100.00	100.00

FUENTE: Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Dirección de Operación. SEDUE, 1988

La clasificación de los residuos sólidos se pueden agrupar de diferentes maneras, dependiendo del tipo de estudio o de las razones que los promuevan, en la tabla 1.8 se presenta una clasificación de los residuos sólidos municipales agrupados de acuerdo a similitudes en sus características, esta clasificación por categorías fue elaborada en los E.E.U.U. por la Environmental Protection Agency.

Tabla 1.8 CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES POR CATEGORIAS	
<b>PAPEL:</b>	<p>Periódico, papel de oficina  glosarios, revistas  papel de computadora  cartón corrugado</p>
<b>PLASTICO:</b>	<p>PET (vasos, botes desechables)  HDPE (envases de leche y jugos)  plástico mixto  poliestireno, otros</p>
<b>METALES:</b>	<p>Metales ferrosos (acero)  aluminio  otros no ferrosos</p>
<b>VIDRIO:</b>	<p>Claro  ámbar (café), verde  otros no especificados</p>
<b>DESECHOS DE PATIO:</b>	<p>Hojas secas  pasto recortado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Madera (paletas, muebles</li> <li>- Caucho</li> <li>- Desechos de comida</li> <li>- Otros inorgánicos (cerámica, piedras, etc.)</li> <li>- Textiles (ropa, trapos, etc.)</li> <li>- Desecho domésticos peligrosos</li> <li>- (solventes de limpieza, pesticidas, insecticidas, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llantas neumáticos reventados</li> <li>- Piel</li> <li>- Pañales desechables</li> <li>- Material fino (todo que pase la malla 0.75 inch)</li> <li>- Escombros de demolición</li> <li>- y construcción</li> <li>- Blancos</li> <li>- Residuales (cenizas).</li> </ul>
FUENTE: EPA, DECISION MAKERS GUIDE TO SOLID WASTE MANAGEMENT.	

### 1.5 Densidad de los residuos sólidos municipales

La densidad representa la relación del peso de los residuos respecto a su volumen. El procedimiento para su medición es el siguiente: Se llena un cilindro de 200 litros con residuos hasta el ras; luego se golpea levantándolo 10 cm sobre el suelo y dejándolo caer 3 veces; se anota el peso y la altura del cilindro con los residuos compactados. Se calcula la densidad aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{W}{V} = \frac{4W}{nD(H - h)}$$

Donde:

S densidad de los residuos

W peso de los residuos

V volumen de los residuos

D diámetro del cilindro

H altura total del cilindro

h altura de los residuos compactados

n constante 3.1416

La densidad de los residuos generados en Latinoamérica es mayor a la de los países industrializados, por su menor contenido de papeles y plásticos, se estima que las proyecciones de disminución de la densidad de dichos países son también aplicables a nuestra región.

Por consiguiente si se acepta el criterio de un incremento del peso de los residuos en 2% anual y de volumen de 3% anual, la disminución de la densidad de los residuos será del orden del 1% anual.

La tecnología latinoamericana de los próximos años, tendrá que considerar fundamentalmente el factor de reducción de volumen de los residuos. Además

tendencias de proyección de densidad de residuos en América Latina requerirán de investigaciones continuadas.

La densidad tiene grandes variaciones. En promedio se estima que un cubo de 100 a 140 kg/m<sup>3</sup> con las cajas compresoras se obtienen pesos por metro cúbico de 350 a 500 kg. En resumen la densidad tiende a decrecer por la existencia de una gran cantidad de embalajes.

Un ejemplo teórico de la alteración de los residuos sólidos en diferentes situaciones se describe a continuación:

ETAPA	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
A. Residuos sueltos en recipientes	200
B. Residuos compactados en un camión	500
C. Residuos sueltos descargados en los rellenos	400
D. Residuos recién colocados en un relleno	600
E. Residuos estabilizados en los rellenos (2 años después de depositados)	900

A continuación se presentan en la tabla 1.9 valores de densidades para diferentes materiales.

Tabla 1.9 DENSIDAD TIPICA PARA DESECHOS SOLIDOS		
COMPONENTE	RANGO	PROMEDIO
RESIDUOS DE ALIMENTOS	120-480	290
PAPEL	30-130	85
CARTON	30-80	50
PLASTICOS	30-130	65
TEXTILES	30-100	65
PIEL	90-260	160
RESIDUOS DE JARDINERIA	60-225	105
MADERA	120-320	240
ORGANICOS DIVERSOS	90-360	240
VIDRIO	160-480	195
BOTES DE HOJALATA	45-160	90
METALES NO FERROSOS	60-240	160
TIERRA, CENIZA, LADRILLO	320-960	480
RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES:		
NO COMPACTADO	90-180	130
COMPACTADO	180-450	300
COMPACTADOR DEL CAMION	350-550	475
COMPACTADO NORMAL	600-750	600
FUENTE: Tchobanoglous G., H. Theisen and R. Eliassen, Solid Waste: Engineering principles and Management Issues Mc. Graw Hill.		

### 1.6 Humedad de los residuos sólidos

Se refiere a la cantidad de agua que poseen los residuos sólidos.

Para determinar su contenido el estudio se realiza en el laboratorio, basandonos en la NOM-AA-16-1984, debe efectuarse rápidamente después del muestreo. Diariamente se remiten 3 muestras (una por cada zona), con un peso aproximado de 2 a 3 kg: Cada muestra se divide en 4 partes (sub-muestras) de igual peso, repitiendo el proceso de división hasta que el peso de las sub-muestras sea de 100 a 150 g. Las muestras se llevan a una secadora a 110°C hasta obtener peso constante, se anota su peso seco. La diferencia entre el peso inicial de las sub-muestras (húmedas) y el peso seco, constituye la humedad de los residuos que, generalmente, se expresa como porcentaje. Los residuos con un tamaño mayor



de 5 cm y de poca consistencia se separan de las muestras y no se llevan a la secadora.

La humedad se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{ de humedad (base húmeda)} = \frac{(100)(\text{pérdida de peso})}{\text{Peso neto húmedo}}$$

Los valores de humedad correspondientes a diferentes componentes de los residuos sólidos municipales están contenidos en la tabla 1.10, que se presenta a continuación

Tabla 1.10 CONTENIDO TIPICO DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES DE LOS DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES		
COMPONENTE	RANGO	PROMEDIO
Desechos de alimentos	50-80	70
papel	4-10	6
cartón	4-8	5
plástico	1-4	2
textiles	6-15	10
piel	8-12	10
adornos de jardín	30-80	60
madera	15-40	20
orgánicos diversos	15-40	25
vidrio	1-4	2
botes de hojalata	2-4	3
metales no ferrosos	2-4	2
metales ferrosos	2-6	3
tierra, ceniza, ladrillos	6-12	8
desechos sólidos municipales	15-40	20
FUENTE: Tchobanoglous G., H. Theisen and R. Eliassen, Solid Waste: Engineering Principles and Management Issues. Mc Graw Hill. N.Y 1977		

## 1.7 Peso volumétrico in situ

Para determinar lo la norma técnica NOMRS-4 establece un método que se aplica en el lugar donde se generan los residuos sólidos municipales. Se consideran los residuos eliminados de la primera operación del cuarteo, la cual se realiza según la norma técnica NOMRS-3 "Muestreo método del cuarteo".

El peso volumétrico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Pv = \frac{P}{V}$$

donde:

Pv = peso volumétrico del residuo sólido, en kg/m<sup>3</sup>

P = peso de los residuos sólidos (peso bruto menos la tara) en kg

V = volumen del recipiente en m<sup>3</sup>

Los resultados obtenidos al realizar la operación, deben reportarse en la cédula de campo.

## 1.8 Volumen de los residuos sólidos

El volumen de los residuos es variable. El país, región, costumbres, nivel social, época del año (en verano se producen menos residuos que en invierno), son circunstancias que motivan la variación del volumen en una ciudad o núcleo de población.

Algunos datos que se tienen nos indican que en España como término medio se obtienen de 3 a 5 litros por habitante y día, con un peso específico de 0.6 kg/l

Cuando se consideran estudios para almacenar los residuos sólidos el volumen de los mismos es un factor importante a considerar.

## 1.9 Calidad y cantidad de los residuos

Actualmente la calidad y cantidad de los residuos constituyen la base del problema. Ya que se han generado una serie de materiales nuevos, con características que presentan una composición menos orgánica y con crecientes porcentajes de materiales tóxicos (residuos de pilas, material fotográfico y de computación, jabones, etc.) a la vez que pierden densidad y pasan a ser más voluminosos.

El crecimiento económico de los países de América Latina, que se pueda tener en la presente década de los noventa, estará volcado en gran parte a la industria y a los servicios. Esto indica que la producción de residuos sólidos e industriales, sobre todo aquellos con características peligrosas, tendrán un incremento, que los países no están preparados para manejarlos eficientemente, sin causar riesgos para la salud y el ambiente.

En los países industrializados las investigaciones y proyecciones reflejan el gran incremento de papeles y plásticos; un contenido ligero en metales y trapos y una disminución en cenizas y materiales inertes. El material putrescible y los vegetales tienen variaciones diversas; por lo menos esos son los resultados obtenidos en Francia, Italia, Alemania, E.E.U.U. e Inglaterra, en cuanto a variaciones cualitativas de los residuos.

Considerando el crecimiento de los siguientes factores: Ingreso Per Cápita (IPC), la GPC, de la demografía y urbanización, entonces las tendencias de los países industrializados son aplicables a América Latina. Esta afirmación es reforzada por las características que se observan en la actualidad en los residuos, además está jugando un factor importante la interrelación comercial que se está conformando en la actualidad donde hay un mayor intercambio de bienes de consumo.

Un rápido análisis muestra que los países industrializados tienen mayor proporción de residuos inorgánicos, como se puede constatar en los datos de la tabla 1.5; en contraposición en América Latina se tienen mayores porcentajes de residuos inorgánicos, aunque en producción per cápita los valores de los países industrializados son superiores, (ver tabla 1.3).

Si la evolución de las sociedades de los estadios agrarios o agrarios industriales a industriales-agrarios trajo consigo también un incremento y diversificación en la producción de bienes y servicios que creó una demanda sobre los recursos naturales y una generación creciente de residuos sólidos, las actuales revoluciones científicas y tecnológicas las han acelerado. En efecto, hace unos 30 años la generación de residuos por persona era de unos 0.2 a 0.5 kg/hab/día, mientras en la actualidad se estima entre 0.5 y 1.0 kg/hab/día como promedio, ya que en algunos países como E.E.U.U. se considera que esta cantidad alcanza valores entre 2 y 4 veces mayores.

La cantidad diaria de residuos sólidos urbanos que se generaron en 1990 en América Latina fué de 250 000 toneladas. Para recolectar y disponer de estos residuos se necesitó una flota de 25 000 camiones recolectores y 300 000 m<sup>3</sup> diarios de espacio para enterrarla sanitarariamente.

Cada una de las cuarenta ciudades con más de un millón de habitantes en América Latina requieren de flotillas de 100 a 1,500 camiones para la recolección y de 500 a 10 000 barrenderos para limpiar las calles. Los problemas logísticos, administrativos, organizacionales y financieros asociados a lo anterior, solo pueden ser afrontados por organismos operadores, institucionalmente fuertes y organizados. Aunque de menor cuantía, los problemas son similares en ciudades pequeñas y medias, con el agravante de estar físicamente más retiradas de los centros de desarrollo tecnológico, de desición e información.

En la tabla 1.11 se presenta los diversos tipos de análisis que se aplican a los residuos sólidos, en las diferentes etapas de su manejo y tratamiento.

**Tabla 1.11 ANALISIS REQUERIDOS PARA CADA ETAPA DEL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES**

ANALISIS	E T A P A S				
	ALMACE- NAMIEN TO	RECICLAJE	INCINE- RACION	COMPOS- TAJE	DISP. FINAL
PRODUCCION PER CAPITA					
DENSIDAD DE RESIDUOS SUELTOS					
DENSIDAD EN RELLENOS					
HUMEDAD					
CAPACIDAD DE CAMPO (1)					
COMPOSICION FISICA					
COMPOSICION QUIMICA					
PODER CALORIFICO					
CENIZAS					
SOLIDOS VOLATILES					

FUENTE: Manual de Tecnología Apropiada para el Manejo de Residuos Sólidos, Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente. Lima Perú, 1992

(1) Es el límite de humedad o agua de los residuos sólidos.

## 2. FUENTES DE GENERACION

### 2.1 Generalidades

La generación de residuos sólidos en la república mexicana es un reflejo directo del acelerado cambio socio-económico que ha experimentado el país en los últimos años. La creciente industrialización de los principales centros urbanos y la posibilidad de obtener mejoras económicas se constituyen en causas principales que induce a los habitantes a emigrar del campo a los centros industriales, provocando un cambio en la cultura y hábitos de consumo en importantes grupos de la población. En la actualidad los desechos municipales cobran mayor importancia, en contraposición a lo que se daba en décadas anteriores como la de los años cuarenta y cincuenta, donde dominaban residuos de carácter orgánico, como base de los residuos sólidos municipales. El mismo proceso industrializador ha permitido la aparición de nuevos productos que han introducido cambios cualitativos y cuantitativos en los residuos sólidos municipales.

La producción cada vez mayor de artículos de consumo y el acceso de éstos a un grupo de población urbana en rápido aumento, han ocasionado paralelamente que los residuos municipales contengan un creciente porcentaje de materiales no degradables, predominantemente plásticos.

El crecimiento en la generación de residuos sólidos está directamente relacionado con el desarrollo demográfico, que se caracteriza por la formación de concentraciones urbanas, lo cual agrava el problema, haciendo que en la actualidad su solución sea compleja.

El crecimiento poblacional que se da en la Ciudad de México y en otros centros urbanos importantes del país, no es un fenómeno aislado, sino mundial, como se

puede apreciar en los datos que nos proporciona la tabla 2.1 relacionados con el crecimiento urbano en el continente americano.

Tabla 2.1 CRECIMIENTO DE LA POBLACION EN AMERICA LATINA		
ANO	POBLACION	PORCENTAJE URBANO
1975	320 MILLONES	65%
1990	440 MILLONES	72%
2000	540 MILLONES	78%

FUENTE: Anuario CEPAL 1975

## 2.2 Determinación de las fuentes de generación.

Los residuos sólidos se pueden estudiar desde varios aspectos, a continuación se presentan los más importantes:

- Por su fuente de generación
- De acuerdo a su naturaleza
- Por su composición

Con el desarrollo tecnológico la clasificación de los residuos sólidos ha venido variando por la aparición de productos con características nuevas, especialmente en su composición, se ha calculado que últimamente se liberan mensualmente más de tres mil productos nuevos, haciendo compleja la clasificación de sus desechos.

Un estudio de los residuos sólidos municipales se hace complejo por la gran cantidad de fuentes de generación, de acuerdo al mismo crecimiento de la sociedad, unido a las características de estos que pueden ir desde inertes hasta muy peligrosos.

## 2.3 Clasificación de los residuos sólidos municipales

De acuerdo a la fuente donde se generan los residuos sólidos municipales, éstas se pueden clasificar de la siguiente forma; las cuales se describen a continuación:

- a) Domiciliarios
- b) Comerciales y de servicios
- c) Institucionales
- d) Areas y vías públicas
- e) De mercados
- f) En sitios de reunión
- g) De construcción y demolición
- h) De parques y jardines.

### 2.3.1 Residuos sólidos domésticos:

También se les conoce como residuos sólidos domiciliarios. Los residuos sólidos domiciliarios representan una de las principales fuentes generadoras, que por su magnitud y dispersión requieren de mayor atención. En esta fuente se puede observar más directamente el incremento de la generación en relación con el crecimiento poblacional. La composición de esta fuente está constituida principalmente por viviendas unifamiliares y multifamiliares.

De acuerdo a la capacidad económica de los grupos sociales, a sus niveles de formación cultural y educativa se tiene una generación per cápita, la cual ha observado un crecimiento en los últimos años por la aparición de nuevos productos y los hábitos consumistas de la población. En los desechos sólidos caseros hay una gran cantidad de materiales reusables, que no se aprovechan, como ya se dijo tienen el problema de la dispersión de los focos de generación y la heterogeneidad de su composición.

En los residuos sólidos domiciliarios predominan los de carácter orgánico, ello como consecuencia de la preparación de alimentos, la variedad de su contenido es amplia, dominando materiales como el plástico, papel, cartón, vidrio, textiles naturales y sintéticos y residuos de jardinería, en menores cantidades se genera madera, hueso, material ferroso y no ferroso, enseres domésticos (en este último



caso es importante considerar el nivel de vida de la población pues a mayor nivel económico se presenta una menor vida útil de muebles y enseres en general), envases tetrapak y hule.

Algunos investigadores para su estudio dividen a los residuos sólidos domiciliarios en 2 grupos: a) orgánicos y b) inorgánicos. Los orgánicos son todos aquellos de origen biológico, que en algún momento tuvieron vida, es decir todo aquello que nace, crece y muere; son fermentables por su descomposición relativamente rápida. Generalmente integrados por desperdicios de comida, restos de plantas y vegetales.

Los residuos inorgánicos están constituidos por materiales no biodegradables, de lenta descomposición, como vidrio, papel, plásticos, metales etc. La población de la Ciudad de México se calcula que produce 0.796 kg/hab/día, en otras palabras 8,260 toneladas de residuos sólidos domésticos. Se le calcula un peso volumétrico de 210 kg/m<sup>3</sup> lo que da un volumen de 39 300 m<sup>3</sup> diariamente.

Sintetizando se puede decir que son residuos compuestos de diversos materiales, de fácil manejo y en general no son tóxicos ni peligrosos. En la tabla 2.2 se presentan los valores de los diferentes sub-productos que integran los residuos sólidos domiciliarios.

Tabla 2.2 PORCENTAJE DE SUBPRODUCTOS DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN EL D.F.

SUBPRODUCTO	PROMEDIO	SUBPRODUCTO	PROMEDIO
ALGODON	0.23	MATERIAL FERROSO	0.51
CARTON	3.28	MATERIAL NO FERROSO	0.21
CUERO	0.65	PAÑAL DESECHABLE	3.00
PAPEL	12.43	MAT. DE CONSTRUCCION	0.77
RESIDUO FINO	0.94	PLASTICO	5.04
CARTON ENCERADO	1.42	POLIURETANO	4.44
FIBRA VEGETAL	4.91	POLIESTIRENO	0.32
FIBRA SINTETICA	0.47	HUESO	0.82
RESIDUOS ALIMENTICIOS	44.14	HULE	0.21
RESIDUOS JARDINERIA	3.97	TRAPO	2.37
LOZA CERAMICA	0.74	VIDRIO DE COLOR	2.50
MADERA	0.58	VIDRIO TRANSPARENTE	4.32
OTROS	3.14	LATA	1.59

FUENTE: DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS URBANOS DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, DIRECCION DE DESECHOS SOLIDOS.

### 2.3.2 Residuos sólidos comerciales y de servicios.

Son los residuos que se producen en las diferentes etapas de comercialización de bienes, en la prestación de servicios y en la preparación y venta de alimentos. Comprende los establecimientos comerciales como tiendas de autoservicio, almacenes, restaurantes, hoteles, moteles, gasolineras, talleres, bares, tiendas y comercios en general. Se pueden clasificar a este tipo de establecimientos en pequeños y grandes de acuerdo al volumen de residuos generados como se especifica en el artículo 10, inciso I del reglamento para el Servicio de Limpia en el Distrito Federal el cual dice: "En el caso de establecimientos mercantiles, industriales o similares cuyo volumen de residuos sólidos generados por día, sea superior a 200 kg., los propietarios, poseedores o administradores podrán convenir con la Delegación correspondiente la recolección y transporte de dichos residuos, cubriendo los derechos que para el efecto establezca la ley de Hacienda del Departamento del Distrito Federal."(10)

A excepción de las grandes tiendas de autoservicio donde se expenden diversos artículos, los almacenes especializados producen embalajes que se pueden recuperar con soluciones prácticas y fáciles.

En los comercios se encuentran todo tipo de embalajes, generalmente son de cartón, papel, madera, unicel y plásticos de manera dominante; contándose también con vidrio, lámina, envases tetrapak y materia orgánica.

Por lo general no son peligrosos ni tóxicos, aunque pueden ser riesgosos en algunos casos (ejemplos: Gasolineras, talleres que usen solventes y químicos, laboratorios químicos y farmacéuticos, por el tipo de tratamiento que necesitan son considerados como residuos sólidos especiales). No representan mucho problema para su almacenamiento y manejo, aunque se puede requerir en algunos casos depósitos o contenedores especiales e inclusive equipo mecánico para su manejo.

Particular atención merecen los residuos generados en los mercados los cuales se definen a continuación.

### 2.3.3 Residuos sólidos de mercados.

Son los que se producen por la comercialización de productos alimenticios en los mercados permanentes y temporales (tianguis).

Este tipo de fuentes producen una gran cantidad de desechos orgánicos, constituyendo casi la totalidad de su producción residuos de fácil descomposición, mismos que son deficientemente almacenados en la fuente de generación, ocasionando puntos de proliferación de insectos, roedores y perros.

En el caso del Distrito Federal, los mercados cuentan con deficientes sistemas de almacenamiento de sus desechos, siendo esto notorio en mercados grandes como los de la Merced y de Jamaica.

En información publicada recientemente en estudios efectuados por el Departamento del Distrito Federal, se obtuvo que la producción de residuos sólidos generados en los mercados por el abastecimiento de productos perecederos de consumo masivo en diferentes ciudades del país, varía de un 8% a un 20% del total de residuos sólidos municipales producidos en el país, esto quiere decir que de una producción que asciende a 50 mil toneladas diarias, los residuos de mercados se estiman entre 4 y 10 mil toneladas diarias.(11)

Los residuos característicos de los mercados son: Legumbres, frutas, flores, vísceras, carnes, pescados y otros de fácil descomposición. También se encuentran embalajes de cartón y madera.

#### 2.3.4 Residuos sólidos institucionales.

Comprende los residuos que se generan en todo el sistema de educación existente en el país (pre-escolar, primaria, secundaria, educación pre-universitaria, educación superior y museos), así como en iglesias, oficinas de Gobierno, patrimonio histórico, bancos y reclusorios.

Esta fuente genera principalmente papel y cartón con una mezcla de mínimas cantidades de residuos de comida y materiales no comestibles. En cada institución los responsables de mantenimiento por lo general tienen contactos con compradores de cartón, papel y otros materiales reciclables, en estos casos solo hay que tomar en cuenta un manejo controlado en aquellos lugares, que por su carácter, cuenten con laboratorios y manejen desechos con propiedades tóxicas o patógenas, que requieran almacenaje aparte y manejo especial. Estos residuos no son voluminosos, tienen escasa humedad y son de fácil manejo.

En los reclusorios su composición es parecida a los residuos sólidos domiciliarios, difieren fundamentalmente en su proporción.

### 2.3.5 Residuos de áreas y vía pública.

También denominados callejeros. Son aquellos que son generados en la vía pública; estos residuos son recogidos durante el barrido manual o mecánico de calles, aceras, y los botes de residuos públicos.

Entre sus componentes sobresalen los siguientes: Papel, tierra, arena, madera, plástico, hojas, estiércol, piedras animales muertos y vehículos abandonados. Generalmente todos estos residuos o parte de ellos son recolectados por las cuadrillas de limpia de los municipios, y son concentrados en puntos determinados o en instalaciones municipales, donde posteriormente son recogidos por los camiones recolectores. En algunas ciudades se asigna la tarea y tratamiento de los residuos callejeros al encargado de recoger y tratar otros residuos, (como los domiciliarios), en la ciudad de México se asigna este trabajo a los departamentos de limpia de las delegaciones políticas.

### 2.3.6 Residuos en sitios de reunión.

Son todos aquellos generados en teatros, cines, plazas de toros, estadios e instalaciones deportivas, etc., y están constituidos por residuos de papel, plásticos, cartones, vidrios, colillas de cigarros, materia orgánica y madera.

### 2.3.7 Residuos de parques y jardines.

Son aquellos residuos generados en parques y jardines. Están constituidos principalmente por materia orgánica, cartón, madera, papel, estiércol, pasto y hojas.

### 2.3.8 Residuos de demolición y construcción.

Son productos de las actividades de la industria de la construcción, su composición básica es la tierra, piedras, arena, tabiques y similares, concreto, yeso, restos de

madera, ripio, tejamanil, restos de material eléctrico. Los residuos de edificios y estructuras demolidas son consideradas como desechos de demoliciones.

A continuación se presentan diferentes tablas conteniendo información relacionada con las fuentes de generación de los residuos sólidos municipales.

La variación de la generación de los residuos sólidos municipales desde 1950 hasta el año 2000 se presenta en la tabla 2.3, en la cual se puede observar como se incrementa la producción per cápita en relación con el crecimiento poblacional.

Tabla 2.3 PROYECCION DE GENERACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES		
AÑO	POBLACION MILES	GPC KG/HAB/DIA
1950	25 971	0.250
1960	34 923	0.350
1970	50 694	0.450
1980	69 602	0.690
1990	96 240	0.750
2000	107 777	1.218

FUENTE: COORDINACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA. PROYECTO NACIONAL DE DESECHOS SOLIDOS, MEXICO 1980.

Diferentes valores de la producción de residuos sólidos domésticos, industriales y de comercios y servicios, son presentados en la tabla 2.4 donde se puede comprobar los altos porcentajes en la generación de residuos sólidos domiciliarios, comparados con los otros dos que se muestran.

Tabla 2.4 PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS EN DIFERENTES CIUDADES DEL PAIS.								
CIUDAD	DOMESTICA T/DIA	%	INDUSTRIA T/DIA	%	COMERCIO Y SERVICIO	%	OTROS T/DIA	%
México	6 246	70	---	--	---	--	2 677	30
León	669	74	---	--	---	--	33	26
Guadalajara	960	80	---	--	---	--	240	20
Tijuana	549	63	174	20	139	16	10	1
Acapulco	266	75	---	--	89	25	---	--
Toluca	128	51	72	29	50	20	---	--
Mérida	299	60	27	6	156	34	---	--
Mazatlán	189	54	11	3	140	40	10	3
La Paz	84	70	2	2	18	15	15	13

FUENTE: COORDINACION DE PROYECTOS DE DESARROLLO SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA.

La tabla 2.5 contiene información sobre la generación de residuos sólidos municipales en las delegaciones del Distrito Federal.

Tabla 2.5 GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DOMICILIARIOS EN LAS DELEGACIONES DEL DISTRITO FEDERAL.			
DELEGACION	POBLACION	GPC (KG/HAB/DIA)	GENERACION TON/DIA
ALVARO OBREGON	693 323	0.75	520.00
AZCAPOTZALCO	669 040	0.65	434.87
BENITO JUAREZ	653 714	0.75	490.28
COYOACAN	628 681	0.75	471.51
CUAJIMALPA	95 563	0.60	58.53
CUAHUTEMOC	858 259	0.75	643.69
GUSTAVO A. MADERO	1 787 572	0.65	1 161.92
IZTACALCO	607 181	0.65	394.66
IZTAPALAPA	1 126 178	0.65	732.01
M. CONTRERAS	166 638	0.70	116.64
MIGUEL HIDALGO	574 407	0.75	430.80
MILPA ALTA	54 937	0.55	30.21
TLAHUAC	158 120	0.55	86.96
TLALPAN	337 995	0.75	253.49
V. CARRANZA	748 318	0.75	561.23
XOCHIMILCO	275 373	0.55	151.45
FUENTE: PROGRAMA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE DESECHOS SOLIDOS. DIRECCION DE DESECHOS SOLIDOS, SUB-DIRECCION TECNICA DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL			



### 3. ALMACENAMIENTO

#### 3.1 Generalidades.

El almacenamiento temporal constituye una parte importante dentro del proceso de manejo de los residuos sólidos municipales; sin embargo, es poca la atención que se ha proporcionado a este aspecto. Existe escasa información especializada elaborada en nuestro medio, comparada con otras fases del sistema de tratamiento de los desechos sólidos. A nivel de la república mexicana, no se cuentan con normas que especifiquen y orienten sobre un manejo adecuado de los residuos en las fuentes de generación que tiendan a estandarizar el uso de áreas de almacenamiento y de contenedores concebidos para tal fin específico.

La importancia que juega el almacenamiento en un sistema municipal de limpia ha sido menospreciada, considerando su interrelación con los sistemas de recolección, transporte y disposición final; al contar con buenos sistemas de almacenamiento se abaten los costos de las etapas siguientes por economía en tiempo debido al manejo adecuado de los residuos, permitiendo así que el servicio se extienda a un mayor número de usuarios.

Al contar con áreas específicas de almacenamiento y los contenedores adecuados, las cuadrillas de limpieza reducen el tiempo de manipulación hacia los camiones recolectores, éstos a su vez reducen el tiempo de espera, con lo cual no obstruyen al tránsito vehicular, lo que permite hacer el recorrido en menos tiempo, economizando combustible, reduciendo de esa forma costos de operación.

El almacenamiento temporal de los residuos facilita el proceso de selección y reuso de los productos, obteniendo un impacto ambiental favorable al entorno por la considerable recuperación de sub-productos y la eliminación de fauna nociva.

El manejo intradomiciliario de los residuos sólidos municipales, se considera que es un problema con soluciones simples, por lo mismo se deja bajo la responsabilidad de millones de generadores, con este criterio únicamente se complica su manejo, por la falta de conocimiento del ciudadano común, sobre aspectos que facilitan el manejo de los residuos y de la importancia de contar con un sistema de almacenamiento.

Una solución integral debe considerar todas las etapas del tratamiento de los desechos sólidos, utilizar los diferentes recursos técnicos y científicos que se han desarrollado, considerar las condiciones económicas, administrativas y políticas del lugar y de manera importante a los generadores de los residuos, usuarios del servicio de limpia; las soluciones integrales, que con frecuencia se mencionan en los estudios que se están llevando a cabo (o que se efectuaron en los últimos cinco años), hacen énfasis en la participación de la sociedad como parte determinante para obtener buenos resultados. Es en el momento en que se generan los residuos, donde tiene una participación la comunidad, no solo por ser productores de residuos, sino por ser protagonistas de un manejo correcto de éstos al utilizar formas de almacenamiento adecuadas, compatibles con los sistemas de recolección y transporte.

Algunos estudios recientes efectuados por la SEDUE en ciudades medias y pequeñas del país, como Puebla, Orizaba y Coatzacoalcos consideran estos aspectos, sin llegar a plantear soluciones de fondo que resuelvan el problema definitivamente, apoyándose en los avances tecnológicos que sobre la materia se tiene en otros países.

Estudios efectuados por las Naciones Unidas, a través de organismos especializados para América Latina, proponen el siguiente programa mínimo para el tratamiento de los residuos sólidos municipales:

- a) Almacenamiento de residuos sólidos en las fuentes de generación.

- b) Traslado periódico de los residuos a un punto local de recolección, una precolecta.
- c) Selección de los residuos para su mejor aprovechamiento.
- d) Transporte y descarga de los desechos a los sitios de disposición final.
- f) Utilización y disposición final de los residuos.

### 3.2 definición.

De acuerdo a la NOMRS-1 de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental se define como almacenamiento a "La acción de retener temporalmente los residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se disponen."(12)

Armando Deffis define el almacenamiento como: "La acción de guardar en bolsas o recipientes adecuados, limpios y clasificados los subproductos hasta que sean recolectados o transportados al centro de acopio más próximo, al camión recolector o a la planta de composteo, los inorgánicos y los orgánicos respectivamente".(13)

En literatura del Departamento del Distrito Federal, DDF, lo definen como " La acción de retener los desechos sólidos en un lugar seguro, de tal forma que no causen contaminación del ambiente o propicien el desarrollo de la fauna nociva, hasta que sean entregados al servicio de recolección o se procesen para su aprovechamiento".(14)

Un punto importante que está relacionado con el almacenamiento, es sin duda, la salud pública, ya que al no contar con buenos sistemas de almacenamiento, los desechos quedan en contacto directo con el medio circundante constituyendose en alimento y madriguera a la fauna nociva, transmisora de enfermedades.

La temporalidad de la permanencia de los desechos municipales se debe entender por tiempos cortos, determinados por el período en que tarda el camión en pasar a

recolectar los residuos; por lo general no debe exceder de 72 horas, considerando la composición de los productos, como ya se vió, son heterogeneos y un 50% son de fácil descomposición. Por lo general esta condición se da en los fines de semana y en los días festivos.

El almacenamiento es la primera acción que se lleva a cabo para el control de los residuos.

### 3.3. Objetivos del almacenamiento

La presencia de residuos sólidos en el ambiente es sumamente perjudicial en todos los aspectos, especialmente si se encuentran en situaciones no adecuadas como la exposición a la interperie, la falta de almacenamiento suficiente para proteger a la comunidad de malos olores, de la proliferación de vectores dañinos como moscas, ratas, etc., por esto es necesario diseñar un almacenamiento que sea capaz de eliminar estos factores de riesgo evitando la formación de focos generadores de elementos causantes de enfermedades y de alteración del ambiente.

También permite que se manejen adecuadamente los residuos y la recolección se haga eficiente, uniforme y rápida mejorando la economía de operación del sistema de tratamiento de residuos sólidos.

La estética de un determinado lugar se ve afectada cuando hay presencia y acumulación de residuos esparcidos en diferentes puntos, por lo que un objetivo inmediato es adecuar las condiciones suficientes para lograr una imagen de asepsia y limpieza en las fuentes de generación de los residuos, en zonas de transferencia o puntos de acopio en proyectos de reuso y reciclaje de residuos.

El diseño correcto de un sistema de almacenamiento puede permitir un reuso y reciclado de residuos con resultados favorables en lo económico, social y de impacto ambiental.

### 3.4 Tipos de almacenamiento.

Como parte del sistema de tratamiento de los residuos sólidos municipales, el almacenamiento está interrelacionado con los sistemas de recolección de los residuos de los centros de generación, igualmente con los sistemas de transporte.

A continuación se definen los tipos de almacenamiento que se se utilizan con mayor frecuencia:

a) Se clasifican en almacenamiento individual y colectivo. Esta clasificación depende fundamentalmente del tipo de vivienda.

El almacenamiento individual se da cuando se trata de casas habitación unifamiliares y en general se tiene cuando se concentran los residuos en el interior de una vivienda, es el sistema más generalizado, los desperdicios permanecen en su interior hasta poco antes de que los servicios municipales tengan fijada su recogida.

El almacenamiento colectivo es aquel que se conforma con el aporte de varias viviendas o apartamentos en el caso de edificios multifamiliares. El almacenamiento colectivo puede precisar de un almacenamiento individual para evitar desplazamientos continuados al lugar donde se realiza aquél.

b) Otra manera de clasificar el tipo de almacenamiento es con respecto a su ubicación, por lo que puede ser interno y externo.

El almacenamiento interno es el utilizado en el lugar donde los residuos se están generando, debiéndose requerir de un servicio de recolección de residuos de casa por casa.

El almacenamiento externo se ubica en los puntos donde son recolectados directamente por el camión recolector, por lo general éstos son de carácter colectivo. Ambos tipos de almacenamiento, son responsabilidad directa del

generador, aunque es conveniente la existencia de un ordenamiento por parte de las autoridades para normar su funcionamiento.

### 3.5 Factores de diseño para el almacenamiento.

A continuación se presentan los factores más importantes que intervienen para el desarrollo de un sistema de almacenamiento:

#### a) Generación de residuos:

De acuerdo al origen de los residuos (fuente de generación), de sus cantidades y la calidad de sus productos será el tipo de almacenamiento que se diseñe.

#### b) Frecuencia de recolección:

La frecuencia de recolección determinará el tamaño de espacio, que está condicionado por el sistema de recolección. En España, la ordenanza municipal de la ciudad de Barcelona para el cálculo de los recipientes domésticos, plantea que se debe tomar en cuenta el tiempo entre recolectas. La frecuencia, que sin perjuicio de que pueda realizarse diariamente, será calculada sobre una base de recolección cada dos días como mínimo. De acuerdo al volumen generado por persona y día, en promedio, se determinará el volumen del contenedor, base para diseñar su espacio de confinamiento.

#### c) Frecuencia de falla del camión recolector:

Relacionado con el punto anterior, es muy importante que las fallas de recolección sean mínimas, para lo cual es necesario contar con un programa que considere como resolver diferentes fallas mecánicas e inconveniencias, así como contingencias que se presentan, que pueden ser por enfermedad de los trabajadores, tiempo de vacaciones, días festivos, descomposturas de transporte.

#### d) Características de los residuos:

Este aspecto es determinante; para definir el almacenamiento se debe conocer el volumen "in situ", el contenido de humedad, su peso volumétrico, la composición dominante de los residuos para definir el tipo de material adecuado para los contenedores y el área en que se ubicaran éstos. En el caso de los residuos sólidos domiciliarios será conveniente utilizar contenedores plásticos, en el caso de comercios, como papelerías o centros de copiados se pueden utilizar recipientes de cartón o de metal.

e) El espacio disponible:

En base al espacio con que se cuenta debe ser el diseño que permita optimizar el área utilizada, por ejemplo el uso de armarios donde se guarden contenedores que en restaurantes pueden ser aprovechados como mesas donde se pueda guizar, de igual manera en las cocinas de casas habitación.

f) Funcionalidad:

Este aspecto debe permitir un manejo fácil de los contenedores, aquí se considera el tamaño, la facilidad para limpiarse y proporcionarle mantenimiento en general.

### 3.6 Características del almacenamiento.

Para tener un almacenamiento, que cumpla con su objetivo, debe responder a las siguientes características:

a) Área suficiente:

Se refiere al tamaño del área de almacenamiento, que permita un confinamiento suficiente de los contenedores o del total de residuos cuando sean depositados a granel.

b) Capacidad necesaria:

La capacidad debe ser suficiente para permitir la protección de la comunidad de malos olores y de la proliferación de vectores dañinos como moscas, ratas, etc., consecuentemente que sean eliminados.

c) Hermético:

El espacio destinado para almacenar los contenedores, no debe permitir el acceso a la fauna nociva como roedores; así como perros y gatos que dispersen los residuos, a la vez no debe ser fuente generadora de moscos. Cuando esté fuera del conjunto habitacional debe ser techado para proteger los residuos de los cambios climatológicos que dañan a los contenedores y las propiedades de los desechos dificultando su manejo.

d) Accesible:

Debe estar ubicado preferentemente cerca del lugar donde se genera la mayor cantidad de residuos. Una ubicación adecuada ayuda a que el dueño lo cuide y le brinde mantenimiento correcta y oportunamente; con frecuencia se ubica en la cocina o en un área cercana a ésta, como puede ser un patio, en el caso de las unidades habitacionales el área llamada zotehuela se ubica a un lado de la cocina y es el lugar acostumbrado para utilizarlo como área de almacenamiento, en algunos apartamentos la zona conocida como lavandería es el lugar destinado para colocar los recipientes, que por lo general cuenta con las condiciones apropiadas.

e) Higiénico:

Debe ser un área que contribuya al ornato y asepsia a partir de eliminar los focos que permitan la proliferación de fauna nociva, contribuyendo directamente a la preservación de la salud de los usuarios.



f) Duradero:

Considerando el uso que tienen (almacenar residuos y contenedores que son tratados bruscamente), los materiales con que se contruyen deben ser muy resistentes y de buena calidad, para permitir una larga vida útil.

g) Facil mantenimiento:

Debe construirse con materiales que sean fáciles de limpiar, con superficies lisas.

En el área de almacenamiento no deben haber objetos en desorden ni materiales no destinados a la recolección.

Se deben construir bases para los contenedores que los aislen de fauna nociva y ayuden a que tenga estética.

### 3.7 Formas de almacenamiento:

Se refiere a la manera y a los medios para almacenar los residuos. Lo anterior está en función principalmente de la calidad y cantidad de los residuos, a su peligrosidad, su forma y densidad. Las formas de almacenamiento se pueden clasificar de manera convencional como sigue:

- Espacios cerrados
- Espacios semi-abiertos
- Espacios abiertos
- Depósitos cerrados con tapas.

#### Espacios cerrados:

Son áreas construidas específicamente para almacenar los residuos, consideradas dentro del conjunto de instalaciones desde que se diseña el proyecto; sus dimensiones varían dependiendo de la fuente de generación, por ejemplo en zonas

residenciales son pequeñas y grandes para los mercados. En algunos casos se construyen espacios cerrados con este fin específico, en puntos accesibles a las cuadrillas de limpieza municipal.

#### Espacios abiertos:

Son áreas a cielo abierto normalmente planas, acondicionadas para dar el servicio de almacenamiento, son adecuadas para residuos inertes, no volátiles ni fáciles de ser transportados por el viento y no desagradables a la vista.

Se usa restringidamente en patios de industrias o en sitios de poco acceso público, son utilizados básicamente en las industrias, a nivel municipal pueden ser utilizados en algunas tiendas de autoservicio.

#### Sitios semi-abiertos:

Se utilizan en distintas fuentes de generación, las cuales producen gran cantidad de residuos sólidos al día (más de 500 kg/día). Se trata en general de depósitos fijos, formados por muros de distintos materiales, con espacios abiertos. Son utilizados por tiendas de autoservicio, mercados, instituciones educativas, militares, granjas, parques y jardines, unidades habitacionales, estadios, lugares de grandes concentraciones así como en algunas industrias.

#### Depósitos cerrados:

Se trata de recipientes cerrados o contenedores, pero con tapadera removible, de formas y tamaños maniobrables a mano alzada por los usuarios y operarios de limpieza o por medios mecánicos sencillos. Son los más utilizados en todas las fuentes de generación, particularmente en la domésticas, estos dispositivos cerrados son denominados contenedores, de los cuales se amplía su estudio en el capítulo cuarto.

#### 3.7.1 Sitios semi-abiertos

Se construyen en áreas separadas de los edificios, en zonas accesibles a los camiones recolectores.

Algunas características a considerar son las siguientes:

Deben estar ubicados en zonas accesibles a los camiones recolectores, que no interfieran con otras actividades, tales como las de abasto en los mercados y centros comerciales.

No deben estar retirados de los puntos donde se genera el mayor volumen de residuos, aspecto que deberá considerarse por normas establecidas para cada lugar, un ejemplo es el caso de los mercados donde existen diversos generadores.

El nivel donde se colocarán los residuos debe estar por encima del nivel del suelo, a una altura que no permita el acceso de roedores, perros y gatos. Se debe considerar que fundamentalmente están diseñados para ubicar ahí a recipientes con tapa removibles.

Sus dimensiones van a estar de acuerdo a las necesidades propias del lugar, tomando en cuenta una generación mínima de 500 kg/día.

Su forma es variada, predominando las de base cuadrada o rectangular. Los materiales a utilizar pueden ser muros a base de tabique o piedra, como se pueden encontrar en la mayoría de parques y centros educativos del sur de la ciudad de México. Las paredes interiores deben poseer superficies lisas que permitan mantenerlas limpias e higiénicas.

### 3.7.2 Espacios cerrados:

En los espacios cerrados se conocen fundamentalmente 2 formas de almacenar los residuos sólidos y son:

- a) Departamentos
- b) Armarios.

### 3.7.2.1 Departamentos:

Los departamentos consisten en cuartos o habitaciones que deben tener las dimensiones suficientes para alojar los contenedores herméticos necesarios, permitiendo que en su interior el personal de limpieza maneje los cubos con facilidad y sin peligro; a la vez que los usuarios del inmueble puedan verter sus residuos necesarios fácilmente. Se construirán de forma que permitan albergar y manejar comodamente el número de baldes previstos en el edificio o edificios para los cuales se proyectan. Es recomendable construirlos en los inmuebles en los que habrá un elevado volumen de residuos domésticos.

### 3.7.2.2 Características de los departamentos.

#### a) Higiene:

Aparte de la aconsejable separación que debe existir en todos los locales en donde se realiza alguna actividad y el lugar donde se acumulan los residuos, debe cuidarse para que tenga condiciones higiénicas necesarias.

#### b) Limpieza:

Es indispensable una limpieza frecuente de estos locales. Para ello se deben facilitar todos los medios necesarios, colocando una entrada de agua cercana, desagües, pendientes en el suelo, acabados de limpieza fácil e impermeables. Siendo además necesario dotar de la correspondiente instalación de agua y desagüe antimúrido (relativo a los roedores), colocados de tal manera que no sean obstruidos por los baldes.

#### c) Ventilación:

Para asegurar una buena ventilación se necesitan dos entradas de aire, para establecer una corriente de aire necesaria, independiente de cualquier otra del edificio, para evitar que malos olores entren a otros ambientes. Las entradas de aire deben estar protegidas contra el ingreso de insectos y roedores y en comunicación directa con el exterior.

#### d) Protección y seguridad contra incendios:

En los lugares donde se acumula un material incontrolable puede provocarse un incendio fácilmente. Un sistema avisador es imprescindible y, muy aconsejable una instalación contra incendios. Las paredes, techos, puertas y elementos protectores de los orificios de ventilación, deberán ser resistentes al fuego.

#### e) Contra la oxidación y corrosión:

La oxidación y corrosión de las puertas y otras partes metálicas se da muy fácilmente en este tipo de locales, debido a la variedad de productos que se eliminan. Por ello estos elementos deben ser protegidos contra ese fenómeno.

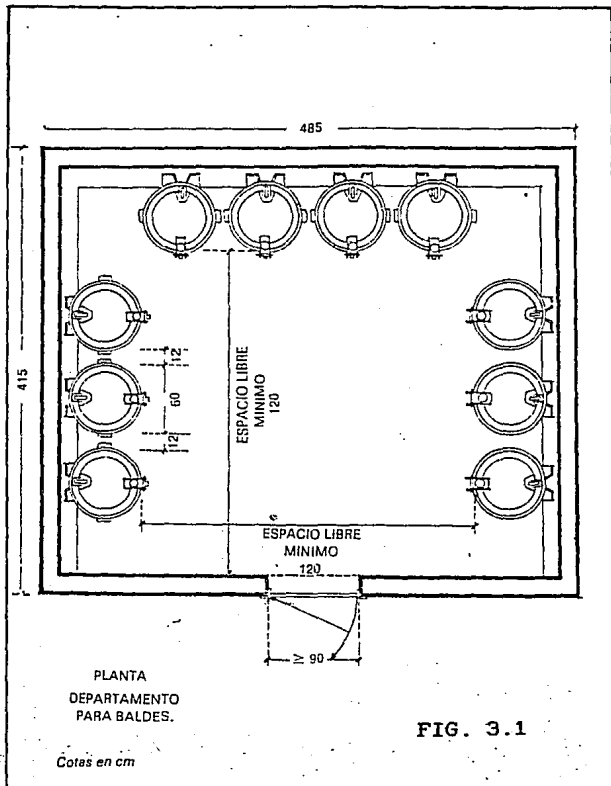
Las áreas de almacenamiento normalmente se colocaran en el interior de los inmuebles siendo aconsejable la planta baja o el primer sótano, recordando que las cuadrillas de limpieza deben entrar y extraer los cubos con facilidad.

La dimensión de los departamentos será en función del número máximo de contenedores previsibles en el inmueble o conjunto en que se haya de servir. La ordenanza de la ciudad de Barcelona establece dimensiones mínimas para las áreas libres donde se manipulan los cubos consistentes en 1.20 por 1.20 m. (14)

Cuando los departamentos se proyectan para servir a edificios aislados, se permitirá situarlos ocupando el subsuelo de los espacios libres destinados a jardines, siempre que además de cumplir con requerimientos que exigen que dichas instalaciones no sobrepasen el nivel de dichos espacios. Algunas consideraciones particulares se deberán llevar a cabo de acuerdo a normas que existan en las ciudades mexicanas, tales como normas oficiales de construcción, ordenamientos de la Asamblea de Representantes del D.F., así como restricciones que establezcan los municipios o reglamentos de vía pública.

#### 3.7.3 Vertido por conductos:

Cuando se trata de edificios en condominio o multifamiliares, el uso de departamentos puede formar parte de un sistema de eliminación rápida de los



residuos de cada domicilio al utilizarse conductos de uso colectivo, por lo cual se deben tomar en cuenta especificaciones apropiadas al respecto.

Los conductos de uso colectivo son sistemas de tuberías dispuestas en el edificio a través de los cuales se hacen llegar los residuos, directamente, de los puntos de generación, (generalmente se ubican en las cocinas), a los contenedores ubicados en los departamentos.

La ordenanza de la ciudad de Barcelona al respecto indica lo siguiente:

"a) Se les proveera de instalación automática contra incendios, en especial junto a la boca terminal inferior del conducto de vertido y sobre los baldes susceptibles de contener basuras.

b) La boca terminal inferior del conducto de vertido deberá ir provista de una compuerta metálica contra incendios y suficientemente resistente para contener los residuos que se arrojan por el conducto cuando aquélla esté cerrada para proceder al cambio de contenedor.

c) Al orificio superior de ventilación se le acoplará una chimenea de ventilación al exterior, de altura superior a la del conducto de vertido colectivo y que sobresalga la cubierta del edificio.

d) Cuando el cuarto que contenga la terminal del conducto de vertido colectivo sea distinto al destinado a guardar los baldes, cada uno de ellos dispondrá de ventilación totalmente independiente."(15)

Los residuos vertidos a través de los correspondientes conductos deberán ir a parar precisamente a los depósitos o baldes destinados a su acumulación y no permitirá que se viertan directamente al suelo para luego ser retirados.

#### 3.7.4 Armarios

Los armarios son muebles diseñados expofeso para la simple guarda de los cubos, dispuesto de tal manera que todas las operaciones puedan llevarse a cabo desde el exterior. Para la ubicación de estas dependencias deberá considerarse la

proximidad de la vía pública y la máxima separación con las zonas de circulación interior del inmueble. Se deben considerar desde la realización del proyecto, de lo contrario se hace difícil conseguir un correcto emplazamiento en una fase posterior, dando lugar a irregularidades en el volumen del edificio, o en su relación con los diferentes ambientes del mismo.

El fin de los armarios es guardar los contenedores en un lugar que permita que los residuos no causen problemas de estética y se cumpla con los requerimientos de salubridad establecidos para manejar los residuos en el lugar donde se generan y que estén accesibles a los servicios de recolección municipal.

Por lo general se colocan en los espacios verdes que existan entre los edificios y la vía pública, de otra forma se deberán construir en el interior de los edificios, en la planta baja o en el sótano. En el caso de áreas verdes se deben proyectar de manera que formen parte de todos los elementos que la integren. Algunas soluciones distintas se pueden considerar cuando cumplan con una fácil e higiénica recogida de residuos y sean estéticamente deseables.

Es parte del proyecto del edificio, el diseño, forma y dimensiones de los armarios destinados al almacenamiento de los baldes, para que cuando éstos sean interiores se tenga presente el espacio que ocupen y sus conexiones con el conjunto de elementos. Si son exteriores, se debe considerar el volumen general del edificio y conseguir que quede integrado en el ambiente que lo rodea.

Las dimensiones y el número de armarios deberán ser los suficientes para albergar en su interior los baldes necesarios y vendrá dado por el cálculo que determina el volumen de los residuos que se producen.

Si los armarios se diseñan con dos entradas, una de recogida y otra para facilitar el vertido de los residuos por parte de los usuarios, éstas se deberán disponer de forma que se puedan levantar la tapa del balde sin necesidad de sacarlo fuera del armario.

Los siguientes aspectos pueden ser considerados de utilidad para el buen manejo de los armarios:



a) Para facilitar la limpieza de los armarios y manejo de los baldes, el suelo tendrá una ligera pendiente hacia el exterior y el marco de la puerta no sobresaldrá del nivel superior del suelo ni inferior del techo.

b) Los baldes podrán ser suspendidos de las puertas, si bien puede adoptarse otra solución, con el objetivo de mantenerlos elevados respecto al suelo del armario, para que permita su fácil manejo.

Los armarios son una buena solución para almacenamiento individual al interior de la vivienda. Considerando lo que es usual en la actualidad en las fuentes domiciliarias, donde la cocina o el área destinada a lavandería (zotehuelas), son los puntos donde se ubican los cubos o contenedores de residuos; estos pueden cumplir su objetivo si se mantienen dentro de un armario, lo que permitirá un mejoramiento de la estética e higiene de la cocina y alejará a roedores, moscos y demás fauna nociva con lo que se acentuará la limpieza del lugar.

Los armarios están siendo utilizados como soluciones para el almacenamiento de residuos en restaurantes y lugares donde se sirve comida rápida, constituyendo una solución apropiada.

El arquitecto Armando Deffis propone un modelo para ese fin: "Un clasificador metálico utilizado en numerosos conjuntos habitacionales, bajo cada tapa se coloca una bolsa de plástico para retirar fácilmente los productos.

El consumo y uso de diferentes productos ocasiona la acumulación de diversidad de residuos, lo que ha generado también la necesidad de contar con recipientes especiales en lugares destinados a guardar y almacenar residuos. Apoyados en las tapas de diferentes colores se colocaran determinado tipo de residuos, en base a una convención establecida de colores, por ejemplo: En el verde los residuos orgánicos, amarillo el papel, azul el vidrio, naranja el plástico, blanco los metales y rojo diversos residuos."

Deffis propone que los recipientes puedan tener diferentes formas tales como "cubetas metálicas, cajas de cartón, cubetas de plástico, cajas de leche, bolsas de

papel o plástico, costales de manta, cajas de verduras y numerosos objetos más, de acuerdo a las posibilidades económicas de la familia.

En este último aspecto lo correcto es que se normen diferentes tipos de contenedores en base a diversas consideraciones que se han venido nombrando en el presente trabajo; partiendo de que se forma parte de un sistema general de tratamiento de residuos sólidos que necesita ser eficiente, económico, a la vez que debe cumplir con el objetivo de brindar higiene y salubridad a los usuarios.

Los residuos no deberán colocarse en el piso de estos espacios y deben permanecer a una altura entre 25 y 30 cm sobre el nivel del suelo para impedir el acceso de fauna nociva.

Sus dimensiones van a ser de acuerdo a las necesidades propias de los lugares, tomando como base una generación de 500 kg/día.

Los materiales pueden ser muros a base de tabique o de piedra, como es el caso de la mayoría de lugares en el sur de la ciudad de México donde se utiliza piedra basáltica de origen volcánico. Las paredes interiores deberán poseer una superficie lisa que permita mantener la limpieza e higiene del lugar.

Para definir en que casos se utilizan departamentos o armarios se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) La salubridad y comodidad de los habitantes del inmueble.
- b) La facilidad de recogida de los residuos por parte del personal encargado de la misma y,
- c) Las exigencias de la estética del lugar, calle o paisaje para que no sea alterado desagradablemente.

En las normas españolas se hacen las siguientes consideraciones: "Tanto los departamentos como los armarios, cuando se situen en el interior de los edificios, deberán colocarse de forma que:

- a) Queden a menos de 15 metros de recorrido de la puerta de acceso al edificio.

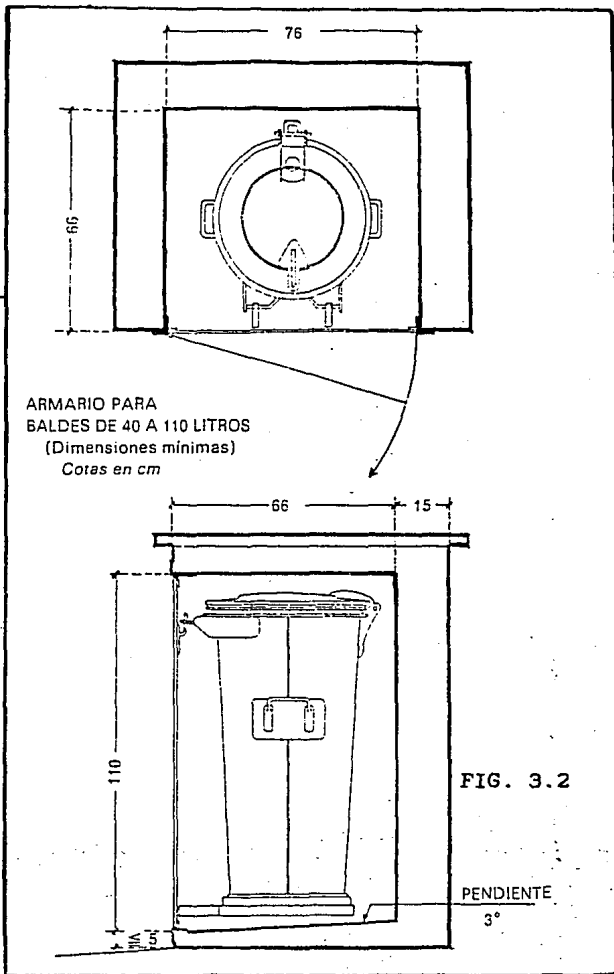


FIG. 3.2

b) El acceso sea fácil y bien iluminado aun de noche, y sin obstáculos que dificulten el paso de las carretillas de transporte de los baldes o de los propios baldes cuando estén provistos de ruedas

c) Las puertas y pasillos tengan, como mínimo 1.0 m de ancho y 1.90 m de alto.

El camino de acceso desde la vía pública a los departamentos o armarios se dotará de pavimentos antideslizante y de suficiente dureza para que no lo dañen los golpes y esfuerzos de rodadura a que puede estar sometido en la manipulación de los baldes.

Los departamentos y armarios se instalarán en lugar o de forma que su temperatura ambiente no resulte afectada por instalaciones de calefacción del edificio.

Cuando en dicho camino de acceso deban salvarse desniveles, se dispondrán elevadores mecánicos para los baldes o rampas de pendiente inferior al 18% para los baldes de hasta 80 litros de capacidad o al 12% para los de capacidad superior a la indicada. La anchura de dichas rampas no podrá ser inferior a 1.0 metros para los baldes de hasta 110 litros y a 1.20 metros par los de superior capacidad. Dichos anchos se aumentaran en lo necesario en caso de que las rampas cambien de dirección.

En el caso de instalarse dichos elevadores, el propietario designará el encargado de colocar los baldes sobre la plataforma del elevador en el momento de la recogida, en otro caso deberá disponer un acceso directo desde la calle a fin de que tal operación pueda ser realizada por el persona del servicio de recogida."

### 3.8 Areas de almacenamiento

Cuando se diseñan proyectos de conjuntos habitacionales, centros educativos, (universidades, escuelas, etc.), teatros, áreas recreativas, mercados, etc. se definen los diversos ambientes y se establece el uso o la finalidad de cada uno de

acuerdo a las necesidades y objetivos establecidos; en general se pasa por alto definir las áreas de almacenamiento de residuos, así como distribuir los contenedores necesarios para que cumplan con su función.

En la actualidad cuando se está en la etapa de planeación y diseño de un proyecto no se consideran los aspectos para almacenar residuos por diversas razones, entre otras, por no estar establecido en las normas y por la poca o nula sensibilidad de los ingenieros y arquitectos que están a cargo de este tipo de trabajos.

Para definir el área destinada al almacenamiento de los residuos sólidos se deben considerar los siguientes criterios:

- a) Conocer el número de usuarios, para definir las cantidades de generación de residuos, en particular los volúmenes a manejar.
- b) Si son sistemas colectivos o individuales de almacenamiento.
- c) Si va a ser interior o exterior; en el primer caso formará parte del edificio, en el segundo se instalará afuera, posiblemente integrado a las áreas verdes.
- d) En base a criterios técnicos que se han establecido relacionados con accesibilidad, seguridad, higiene, estética y funcionalidad.

### 3.9 Evaluación de la situación actual

Es muy bajo el porcentaje de proyectos habitacionales en los cuales se consideran áreas específicas para almacenamiento de residuos sólidos, en el caso de centros comerciales éstos están considerados, pero sin presentar las condiciones adecuadas para un buen funcionamiento, en el caso de teatros y estadios no existen.

Es característico encontrar en zonas circundantes de mercados, industrias y áreas de recreación, puntos en los cuales son depositados, residuos sólidos viniendo a operar como tiraderos, que al igual que en predios o lotes baldíos de zonas habitacionales se convierten en depósitos clandestinos o tolerados; por aparte en zonas donde no hay servicio de recolección, la gente acostumbra a colocar sus residuos en los lotes baldíos o en la vía pública, donde los recogen los camiones dedicados esporádicamente a este tipo de recolección; en todos los casos se

presentan molestias ocasionadas por la presencia de fauna nociva, malos olores, dispersión de los residuos ante la presencia de vientos, generandose un ambiente sucio.

En las fuentes domiciliarias de residuos sólidos, los lugares donde se colocan los recipientes son impropios, por lo general es la cocina, lo cual es peligroso si no se cuenta con recipientes adecuados, que mínimamente posean tapadera para impedir la presencia de mosquitos, cucarachas y otros animales.

El área destinada a almacenar residuos y el tipo de contenedores está determinado por las condiciones económicas de los usuarios y su disponibilidad de espacio, como sucede actualmente con los departamentos llamados de "interés social", donde en definitiva no se contemplan áreas de almacenamiento de residuos al interior de los mismos, y las cocinas son espacios mínimos que no permiten la colocación de recipientes que puedan dar paso a la separación de residuos.

## 4 CONTENEDORES

### 4.1 Generalidades

Es importante que los residuos se almacenen en recipientes adecuados, para lo cual se han desarrollado tecnologías, normas y especificaciones que permiten su mejor aprovechamiento, basándose en las condiciones de generación, en el tipo de vivienda y del sistema general de tratamiento de éstos. Así también se han diseñado contenedores que reúnen una serie de características que hacen más funcionable y económica la recolección de los desechos sólidos, al ser compatible con el equipo que se utiliza para recolectarlos.

En México, actualmente la práctica para almacenar temporalmente los residuos sólidos municipales en la fuentes de generación no responde a ninguna normatividad. En muchas zonas, principalmente de escasos recursos, pero aun en lugares de vivienda media, se acostumbra utilizar cubetas de plástico o metal, tinas viejas, cajas de cartón o simplemente bolsas de plástico obtenidas al comprar provisiones en las tiendas de autoservicio. En el mercado nacional se pueden encontrar algunos recipientes de plástico, que responden a un diseño destinado a brindar el servicio de almacenamiento de residuos sólidos, pero no fabricados en base a una normatividad establecida como consecuencia de estudios específicos realizados para tal fin por las autoridades correspondientes.

Recientemente, desde que se iniciaron las pláticas relativas a la firma del Tratado de libre Comercio Norteamericano, (entre México, Estados Unidos de Norteamérica y Canadá), y en general por la apertura económica que el país desarrolla ante el mundo, empezaron a aparecer en el mercado nacional varios modelos de contenedores para residuos sólidos domiciliarios, cuyas características

son bastante apropiadas para efectuar un almacenamiento temporal de los residuos que permiten optimizar su manejo. Es muy probable que estos modelos hayan sido fabricados en base a una normatividad del país de procedencia.

En Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y en los países europeos es donde fundamentalmente se han hecho avances en normatividad y tecnología, para manejar los residuos sólidos desde la fuente de generación, que es el lugar donde se hace necesario el almacenamiento temporal, como se especifica más adelante.

En España por ejemplo sus diferentes ayuntamientos emiten "ordenanzas" a través de las cuales establecen el tipo de recipientes o depósitos que deben utilizarse, de acuerdo a la clase de vivienda que se trate y considerando otros factores como los sistemas de recolección municipal.

Existe una interrelación definida entre el tipo de almacenamiento y los sistemas de recolección y disposición final de los residuos; en particular entre los dos primeros para que funcionen con el grado de eficiencia requerido deben estar diseñados de manera compatible en sus mecanismos de operación.

## 4.2 Definición

En la literatura técnica se encuentran distintas definiciones de contenedor, como las siguientes:

Por la función que desempeñan, se pueden definir como: "Todo recipiente que permite un fácil mantenimiento de áreas habitadas por conglomerados humanos, que salvaguardan la higiene y estética de los lugares, al contener temporalmente en su interior los residuos sólidos generados en un espacio de tiempo determinado por el servicio de recolección; para cumplir con eficiencia su función las autoridades de los ayuntamientos desarrollan normas que definen sus características de operación".(15)



De acuerdo a la NOMRS-1 de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación de la Secretaría de Desarrollo Social, se define a los contenedores como "Recipientes metálicos o de cualquier otro material apropiado según las necesidades, utilizados para el almacenamiento de los residuos sólidos generados en centros de gran concentración, lugares que presenten difícil acceso, o bien aquellas zonas donde se requieran."(16)

Los contenedores son de amplio uso para almacenar residuos municipales, desde los que se generan en las casas habitación, en instituciones y en los comercios y centros de servicio; dependiendo de la fuente de generación de residuos que se trate es el diseño que se utiliza. Es posible clasificarlos en cubos domésticos, en los cuales la capacidad varía de 25 a 50 litros, los cubos colectivos de 50 a 150 litros, contenedores sobre ruedas de 400 a 1,000 litros.

#### 4.3 Características de los contenedores.

A continuación se presentan las características generales propias de un recipiente que permita cumplir con eficiencia su función de almacenar los residuos sólidos, constituyendo la base en la cual los organismos encargados de definir una regulación determinan las disposiciones y normas que regiran su uso.

Más adelante se especifican estas características de acuerdo a su uso, en función de la fuente de generación en que sean requeridos.

##### a) Tipo de material.

El tipo de material del recipiente es un factor importante, éste debe ser durable, resistente y ligero. La durabilidad es considerada debido al uso continuo que se le da y a la diversidad de materiales que se almacenan. La resistencia del material debe tomarse en cuenta en relación a los siguientes factores:

a.1) Los cambios climatológicos, los cuales causan deterioro acelerado, como es el caso de la lluvia, para contenedores de cartón o metálicos.

a.2) La exposición a altas temperaturas que afecta a los materiales plásticos, es el caso cuando en éstos son depositados cenizas calientes que deforman a los recipientes o los perforan.

a.3) La corrosión, que es causante de picaduras en los contenedores metálicos permitiendo que haya fuga de residuos y que pierdan hermeticidad. Para facilitar su manejo, los contenedores deben ser preferentemente de un material ligero, ya que cuando se trata de recipientes muy pesados, (en algunos casos su peso es mayor que el peso del contenido que almacena), se dificultan las maniobras de transporte hacia los camiones recolectores o a otros puntos de almacenamiento y/o tratamiento, así como se permite que los recipientes sean maltratados, por su alto peso. Un material recomendado y que su uso se está generalizando es el plástico.

a.4) El intemperismo, constituye un agente que degrada determinados materiales de forma acelerada.

En algunos países, los ayuntamientos han determinado prohibir el uso de cajas de cartón o de madera como contenedores para residuos sólidos municipales, ya que su alto contenido de humedad rompe estos recipientes, con lo cual dejan de cumplir su función; un ejemplo donde están vigentes estas disposiciones son los ayuntamientos de la república de Chile.

b) La forma del recipiente.

La forma es importante para los recipientes de uso generalizado, la experiencia indica que deben ser de forma cilíndrica, disminuyendo su diámetro gradualmente de la parte superior (boca) hasta el fondo o base, facilitando su vaciado. Cuando se trata de contenedores que necesitan ser compatibles con sistemas relacionados con los camiones recolectores la forma debe corresponder a los mecanismos de éstos.

c) Manejables

La más adecuada maniobrabilidad del contenedor permite un vaciado rápido y seguro, reduciendo el riesgo de accidentes y permite ocupar poco personal, a lo sumo 2 personas, haciendo el servicio más económico pues cada elemento humano adicional eleva el costo del manejo de los residuos, Un aspecto importante que ayuda a manipular con facilidad los recipientes son las asas, particularmente cuando los contenedores son grandes. En las normas existentes en otros países se especifica éste requerimiento, y adicionalmente que los recipientes no posean aristas con filos que lastimen a los trabajadores de limpia. El peso de los contenedores es importante, si éste no sobrepasa los 10 kg, que corresponde a un cubo de 75 litros puede ser manipulados fácilmente por un solo hombre.

d) Fáciles de limpiar.

Los contenedores deben ser fáciles de limpiar, un buen mantenimiento permite prolongar su vida útil, considerando que tienen un uso continuo, a la vez que proporcionan al lugar donde se ubican la estética deseada, cumpliendo así con uno de los objetivos de su función. Los recipientes deben desinfectarse regularmente, aunque parezca extraño, los usuarios generalmente no se preocupan de esta actividad; por esta razón algunos ayuntamientos europeos se encargan de esta operación, en Amsterdam y la Haya es una sociedad privada contratada por la ciudad la que proporciona este servicio.

e) Volumen necesario.

El volumen debe ser el necesario para lograr un confinamiento completo y evitar derrames y dispersión de los residuos. El volumen correspondiente debe ser calculado y normado principalmente por los ayuntamientos. Como especifican algunas normas, por ejemplo en la ciudad de Barcelona, "el contenedor debe ser suficiente para proteger a la comunidad de malos olores, de la proliferación de vectores dañinos como moscas, ratas, etc." (17). El volumen es función de la generación per cápita y de la frecuencia de recolección. Aunque existen otros criterios, que especifican que el volumen de un recipiente debe ser aquel que permita que sea manejado con facilidad por un solo hombre a lo sumo por dos, de lo contrario se dificulta su transportación y eleva los costos de manejo.

f) Poseer tapadera hermética.

La tapadera de los contenedores debe ser hermética, para reducir el riesgo de la presencia de roedores y vectores, así como de otros animales que con mayor facilidad vuelcan un cubo y dispersan su contenido, como es el caso de perros y gatos.

#### 4.4 Tipos de contenedores.

La experiencia ha demostrado que la diversidad de la vivienda impone a menudo la variedad de los recipientes. De este hecho la organización de la recolección es bastante compleja, puesto que puede necesitar el uso de diferentes vehículos conformados a los diversos modelos de recipientes. La adopción de nuevos recipientes, tales como, los cubos con ruedas las bolsas desechables adecuadamente diseñadas mejoran sensiblemente las condiciones de higiene y la velocidad de ejecución del servicio, pero esto conduce a un incremento del costo que debe estar compensado por la disminución de la frecuencia de recolección.

Cuando se elige o define el uso de un nuevo recipiente, la elección debe ir acompañada de una campaña de información dirigida a los usuarios y cuadrillas de limpieza que hagan funcionable su utilización y justifiquen la inversión efectuada, en general que cumpla con su objetivo.

Existen diseños de recipientes que corresponden a cada una de las fuentes de generación de residuos sólidos municipales, como son las casas habitación (unifamiliares y multifamiliares), comercios e instituciones; sin embargo, es necesaria en nuestro país la elaboración de normas al respecto, las cuales deberán contener especificaciones para cada una de las fuentes, mismas que los ayuntamientos retomarán y complementarán de acuerdo a las condiciones particulares de cada lugar.

#### 4.5 Contenedores para residuos sólidos municipales.

A continuación se presentan diferentes tipos de contenedores utilizados en la actualidad, en países como Estados Unidos de Norteamérica, España, Francia, Canadá, Suecia y México.

##### 4.5.1 Cubos tradicionales.

Conocidos generalmente como cubos ordinarios. Son los que más se utilizan en México, debido a que el sistema de recolección mecanizado que existe en la actualidad no está diseñado para usar otro tipo de contenedor, que responda a nuevas tecnologías. Es el procedimiento más rudimentario de almacenamiento y el que presenta más riesgos de contaminación y difusión de malos olores por estar en continuo contacto con el ambiente.

Este tipo de cubos han sido utilizados durante muchos años, por lo general cuentan con una tapa movable y construidos de una gran variedad de materiales, dominando desde hace aproximadamente tres décadas el plástico. Generalmente exigen una manipulación manual y su capacidad varía de 30 a 90 litros.

Deben contar con las siguientes características:

- Ser de un modelo apropiado y de fácil manejo.
- Provistos de tapadera.
- Insonorizados.
- Poseer asas o agarraderas.
- Fáciles de mantener su limpieza.

Conociendo que los residuos son materiales muy heterogéneos, de densidades relativamente bajas y que pueden servir de alimentos a roedores y moscos, los cubos deben cumplir primordialmente con la función de salvaguardar la higiene, para lo cual deben estar cerrados de manera estanca para evitar la salida de desechos y la entrada de fauna nociva.

Desde 1936 en París ya se tenían especificaciones para este tipo de recipientes, relativas a su forma, dimensiones y peso; con diferentes capacidades, de 25, 50 y 75 litros y utilizando el material de acero galvanizado. En 1956 se propone el uso de cubos insonoros, mismos que se hacen obligatorios a partir de 1963, en la actualidad el problema del fuerte ruido que causaban ese tipo de contenedores se ha superado por el uso de otros materiales, tales como el plástico. De igual manera en Inglaterra la "British Standard Institución", en su documento BS 722 de 1946 realizó ensayos para normalizar la capacidad de los recipientes de 56 a 92 litros, en este caso la capacidad máxima ha sido fijada con la intención de que el recipiente pueda ser manipulado por un solo hombre.

Para este tipo de cubos la ordenanza de Barcelona exige las siguientes características:

a) "Forma: tronco cónica, con la base mayor en la parte superior cilíndrica o prismática.

b) Material: metálico protegido, de ser necesario contra la oxidación, termo plástico, caucho vulcanizado o cualquier otro material resistente a la oxidación, a la humedad, no poroso y de resistencia suficiente para cumplir su cometido y ocultar de la vista los productos que contenga.

c) Dimensiones: Capacidad comprendida entre 10 y 50 litros, sus diámetros en todas sus partes estarán comprendidos entre 20 y 40 cm y su altura entre 20 y 50 cm.

d) Tapas y asas: Todos los cubos irán protegidos de tapas que se ajusten suficientemente para evitar la propagación de malos olores y estarán provistos de asideros para su manejo. El balde podrá tener asas que faciliten su traslado, pero estarán dispuestas de forma que no pertuben el fácil vaciado del balde."(18)

No serán considerados como recipientes de residuos o cubos, los sacos, cajas de cartón o de madera o cualquier otro recipiente improvisado o inadecuado. Como lo especifican algunas normas en la república de Chile, donde se ha prohibido el uso de estos recipientes.

#### 4.5.2 Cubos normalizados para la recolección hermética.

Son cubos diseñados para conseguir cierto grado de hermeticidad y solidez, pensados para la recolección y el transporte de la vivienda a los camiones recolectores de forma eficiente.

El cierre hermético impide la propagación de olores desagradables y de los gérmenes nocivos en las viviendas.

# Domestico



ESTA YESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

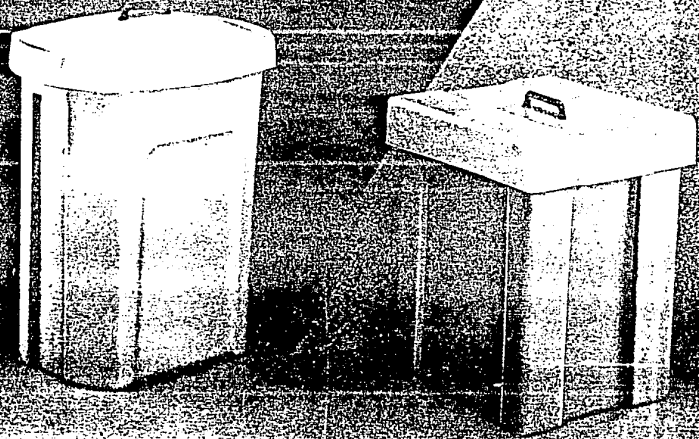
Atractivos depósitos que por sus dimensiones resuelven de manera práctica los problemas de basura en hogares, comercios, mercados, etc.

Sus formas permiten un manejo sencillo e integran el depósito con la tapa, que cierra perfectamente gracias a su ajuste hermético, impidiendo la salida de olores. Su acabado permite una fácil limpieza.

diendo la salida de olores. Su acabado permite una fácil limpieza.

FIG. 4.1

## CUBO TRADICIONAL



Para este tipo de recipientes puede establecerse la compra del modelo normalizado en los establecimientos del ramo, como sucede en algunas ciudades europeas, donde debido a su costo, es frecuente cobrar algún alquiler por un convecionario habilitado para este tipo de servicio, o bien por el propio municipio. En éste caso las tarifas que se aplican suelen ser elevadas ya que el trabajo de control y cobro es complicado, la alternativa viable es el sistema de cobrar el importe conjuntamente con la tasa de recolección de basura, En ciertas capitales europeas en las que el municipio es el propietario de los cubos, la sobretasa destinada a la compra y mantenimiento de los recipientes se incluye en una hoja aparte de la de los impuestos por otros rubros. De este modo el contribuyente sabe detalladamente la parte de sus impuestos que se destina a la compra de contenedores.

**Forma de los cubos:** La más común es de sección circular de distintos tamaños, se tiende a las de sección cuadrada o rectangular con aristas redondeadas, lo que se busca es que el vaciado se realice con mayor facilidad.

**Tipo de material:** Se usan diferentes materiales. En Francia son de polietileno inyectado de alta densidad con tapadera de acero galvanizado; mientras que en España los más usuales son de metal galvanizado, caucho o plástico aunque la tendencia es a sustituirlos por contenedores plásticos.

Los cubos metálicos tienen el inconveniente del peso y el ruido que producen, por lo mismo han de ser insonorizados con juntas de goma. Un cubo de metal con capacidad para 70 litros de residuos pesa 22.5 kg contra 4.5 kg de uno de plástico, ambos para contener 15 kg de residuos; a favor de los metálicos está su robustez y resistencia a bajas temperaturas, que en México en general no son tan extremas aunque si se presentan en el norte del país.

Debido a sus paredes lisas, los cubos plásticos vacían mejor que los metálicos, pero son sensibles a las cenizas encendidas, que son generadas en lugares fríos, o donde se cocina a base de leña.

Las capacidades de estos cubos van de 30 a 150 litros. En Francia se encuentran de 30 a 140 litros, en Alemania de 50 a 150 litros.



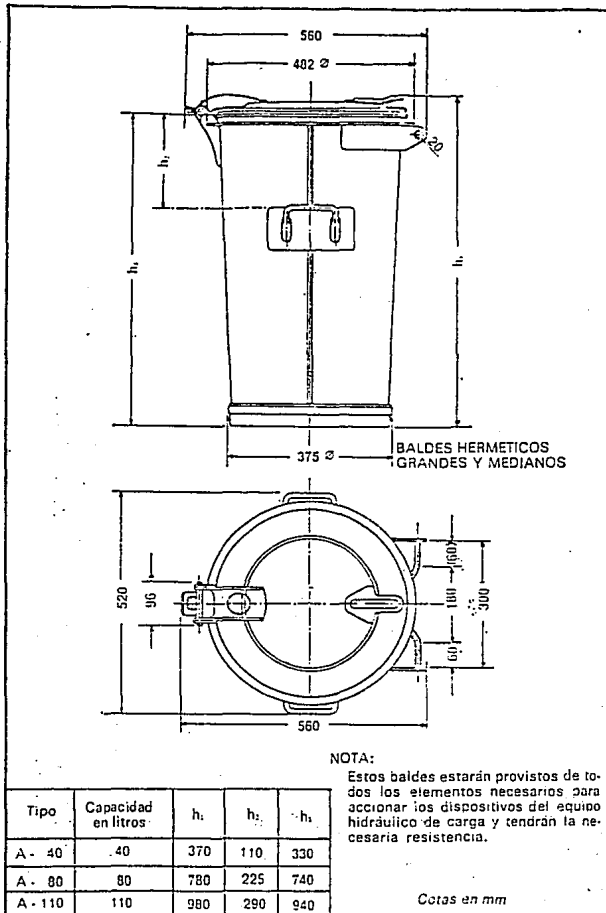


FIG. 4.2 CUBOS NORMALIZADOS PARA LA RECOLECCION HERMETICA.

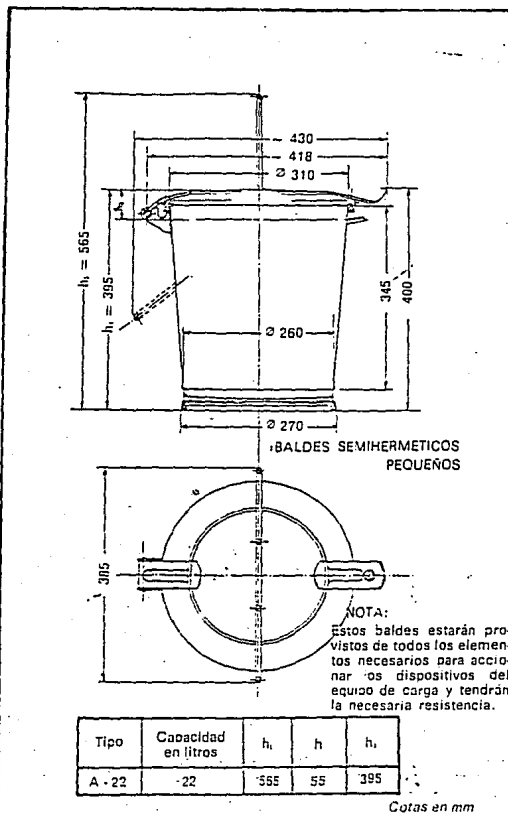


FIG. 4.3 CUBOS NORMALIZADOS PARA LA RECOLECCION HERMETICA.

Aparte de los aspectos técnicos mencionados es importante considerar el costo de los recipientes en cada uno de los tipos de materiales.

#### 4.5.3. Los cubos rodantes.

Son cubos herméticos que contienen ruedas, los cuales pueden ser 2 fijas o 4 ruedas móviles, mismos que pueden pivotar, según la forma y capacidad del contenedor; poseen una tapa montada sobre bisagras y un sistema de enganche con levantamiento y vertedero automático en las bandas equipadas de levanta tapas, adaptado a los sistemas mecanizados de los camiones recolectores.

Este tipo de cubos ofrecen nuevas ventajas y su uso se está generalizando en Europa, donde ya existen numerosas ciudades con sistema de manejo de los residuos sólidos que se apoya directamente en este tipo de recipientes, por las múltiples ventajas que ofrecen.

Entre esas ventajas se enumeran las siguientes:

- El rodaje lo hace fácilmente manejable, permitiendo reducir las manipulaciones de la pre-colecta y la colecta.
- El vertimiento automático mejora sensiblemente las condiciones del trabajo de las cuadrillas de trabajadores.
- Los recipientes rodantes permiten una colecta rápida en buenas condiciones de higiene y seguridad; su gran capacidad es un factor que contribuye a que la frecuencia de recolección se desarrolle sin problemas al medio.
- Ofrecen una buena resistencia a la interperie y a los animales callejeros errantes.
- Los cubos de 4 ruedas se pueden manipular arrastrados por un tractor para llevarlos al lugar de colecta. Por esta razón son adaptables a los grandes conjuntos de viviendas (conjuntos habitacionales multifamiliares, edificios de oficinas, etc.)
- Su contenido varía de 100 a 1100 litros.

Cuando se utilizan los cubos rodantes se deben distribuir de manera compatible con el tamaño de los locales de almacenamiento y los accesos para su retiro. Es importante considerar un servicio de mantenimiento y limpieza, actividad para la cual se han diseñado vehículos abastecidos de un equipo de limpieza automática; en Europa, por el régimen de propiedad que hay sobre los recipientes, el servicio

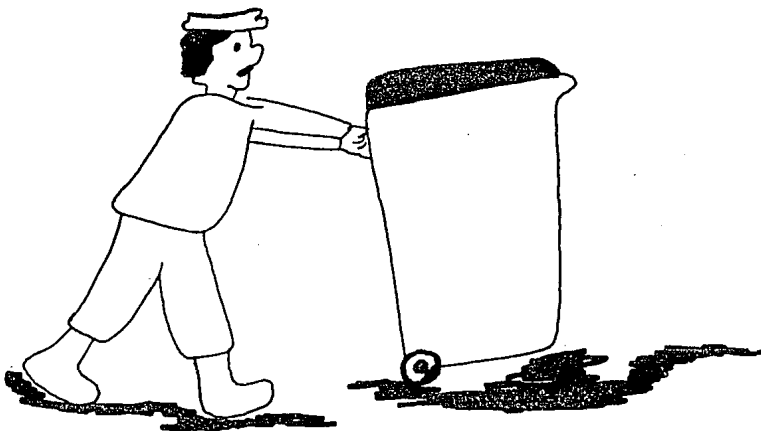
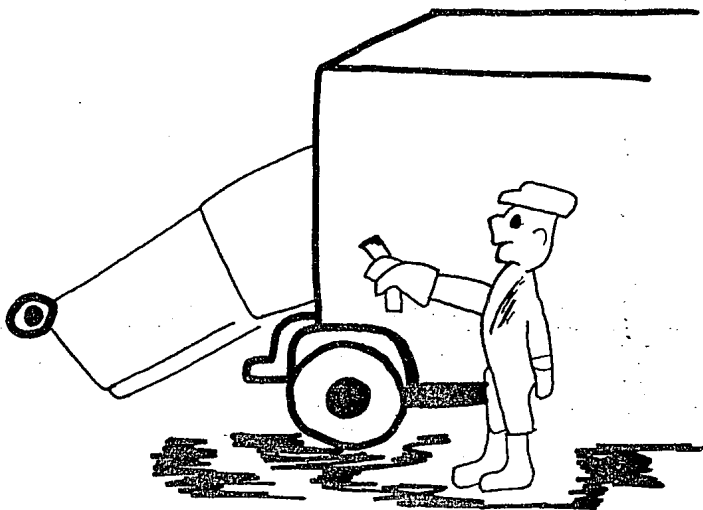


FIG. 4.4 CUBOS RODANTES



de limpieza de los recipientes los desarrolla el municipio, considerando el costo del equipo de limpieza.

#### 4.5.4 Bolsas desechables.

Son bolsas elaboradas de papel grueso impermeable o de materiales plásticos, predominando los de polietileno de baja densidad y alta resistencia. Una de sus características fundamentales es que no son reutilizables, por lo general, son desechables, permitiendo llevar a cabo una recolección higiénica si los sacos están bien cerrados. Para tener un fácil manejo es recomendable que no sean grandes, lo cual asegura una mayor higiene al acortar el intervalo de evacuación; suelen colocarse en aparatos especialmente pensados, permitiendo la permanencia estanca de los residuos a medida que se producen, cerrandolas con los dispositivos adecuados, en la mayoría de casos traen unos lazos de alambre forrado de plástico con los que se cierran. Su capacidad varía de los 30 a los 110 litros.

En la mayoría de las ocasiones pueden ofrecer las siguientes ventajas preponderantes:

- Suprimen la limpieza de los cubos al no ser retornables.
- Son fáciles de manejar por un solo usuario o trabajador de limpieza.
- Ayudan a agilizar los procesos de recolección al evitar los tiempos que representan el vaciado de los recipientes.
- Cada casa puede llenar el número de bolsas necesarias y almacenar durante algunos días de manera higiénica los residuos; es una solución adecuada para viviendas dispersas, donde la frecuencia de recolección es baja, permitiendo cubrir esos tiempos y no elevar el costo con una frecuencia alta.
- Permite cubrir con facilidad, en algunos lugares, la fluctuación de variación de residuos como en centros turísticos; o afrontar algunas interrupciones momentáneas del servicio de recolección.
- Permite una colecta sin ruidos.

Todas estas ventajas pueden compensar el costo de adquisición. De hecho es el económico el inconveniente que se le plantea, aunque no llegan a ser caras, constituyen un egreso permanente que puede ser gravoso para algunas economías. Mucha gente no desea tener un gasto continuo, aunque pequeño, lo consideran no necesario. Unido a su costo otra desventaja es que no soporta un almacenamiento a la interperie por razones del clima y estar expuesto al ataque de

roedores, perros y gatos que dispersarían su contenido y romperían su hermeticidad.

Cuando el municipio decide usar bolsas, es importante implementar el uso de varios contenedores que separen los residuos y permitan su separación, para lo cual es conveniente definir los colores para cada tipo de residuo, por ejemplo, el color café oscuro o negro para el compostaje.

En general se puede considerar como un complemento al uso de contenedores y otro tipo de recipientes.

La utilización que se da a las bolsas plásticas que se obtienen en las tiendas de autoservicio o al efectuar cualquier compra y que se adaptan a los recipientes con una capacidad de 30 litros son una muestra de la facilidad que se alcanza al depositar los residuos en bolsas sobre todo para su pre-colección y después para mantener la limpieza de los cubos.

Se han definido algunos estudios para estimar el impacto que ejerce el uso generalizado de bolsas plásticas para contener los residuos, en la composición de los residuos sólidos municipales concluyéndose que no es significativo. Este aspecto es importante debido a que el plástico es un material de lenta degradación y en grandes volúmenes si puede constituirse en un contaminante; puede llegar a ser un problema si se considera el uso generalizado de bolsas como contenedores de residuos, unido a la proliferación acelerada de embalajes y envoltorios con estas características.

#### 4.5.5 Contenedores de gran capacidad

Este tipo de contenedores se identifican por su capacidad, por lo general son de 1 a 5 m<sup>3</sup>, con cajones cuadrados o rectangulares donde el público deposita los residuos, contienen tapas adecuadas para mantener la hermeticidad.

Equipos hidráulicos levantan los contenedores para vaciarlos a los camiones recolectores, de hecho se debe considerar como obligatorio el uso de equipo mecanizado para levantarlo, mismo que debe corresponder a un sistema inatragado

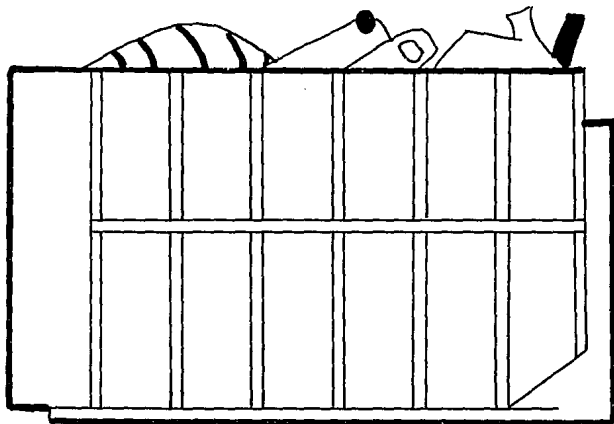
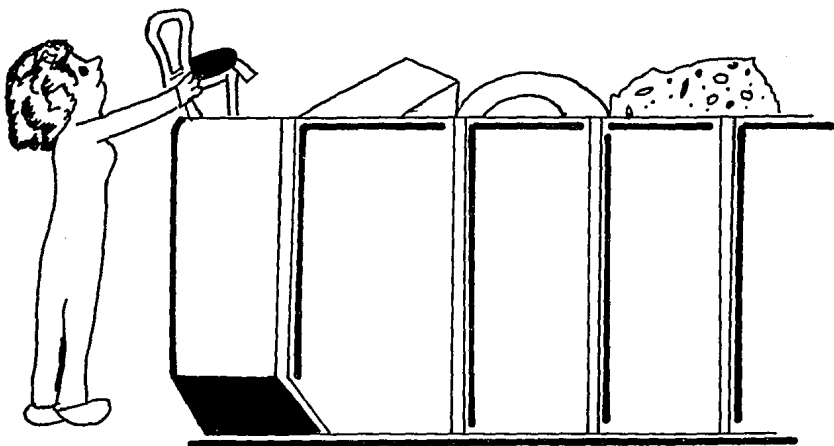


FIG. 4.5 CONTENEDORES DE GRAN CAPACIDAD



al camión recolector. El lugar donde sea ubicado debe tener un acceso directo para el camión recolector a la plataforma o al local de estacionamiento.

Su uso es recomendable para comunidades apartadas, de difícil acceso, establecimientos comerciales grandes, mercados, cuarteles, conjuntos habitacionales, etc. Por su capacidad permiten la evacuación de desechos estorbosos (muebles, aparatos electromésticos, etc.) y los desechos artesanales y comerciales (escombros, materiales). La utilización de un compactador fijo o de un cajón autocompactor permite reducir el volumen de los residuos de 3 a 1 y así es posible obtener condiciones de transporte mas económicas. El contenido de los cajones compactados varia de 5 a 30 m<sup>3</sup>.

Aunque los contenedores reducen mucho el costo de recolección, hay que asegurar que tendrá un uso adecuado, tanto por los encargados de limpieza como por los usuarios, de lo contrario será un foco de contaminación al botarse los residuos al suelo, creandose condiciones sanitarias inaceptables. Su ubicación es importante para evitar que sea objeto de vandalismo.

#### 4.5.6 Contenedores especiales

Son contenedores de formas diversas que están previstos para recibir únicamente cierta categoría de residuos, por ejemplo: Cartón, botellas de vidrio, vidrio en general, plásticos, papeles, etc.

En ciudades donde se ha logrado desarrollar el sistema especializado de contenedores, estos recipientes son colocados en diferentes puntos de la ciudad con el fin de permitir la segregación de los residuos cuya recuperación sea de interés. En Francia, por ejemplo, el grupo Plastic OMNIUN diseñó unas columnas para la colecta selectiva de vidrio con capacidades entre 200 y 1200 litros.

#### 4.6 Diagnóstico de la situación actual

Los diferentes tipos de contenedores que se usan actualmente para el almacenamiento de residuos sólidos municipales varían en cada fuente generadora,



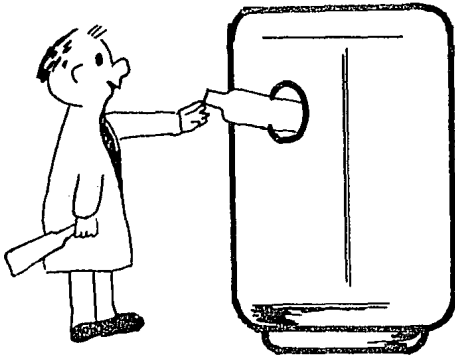
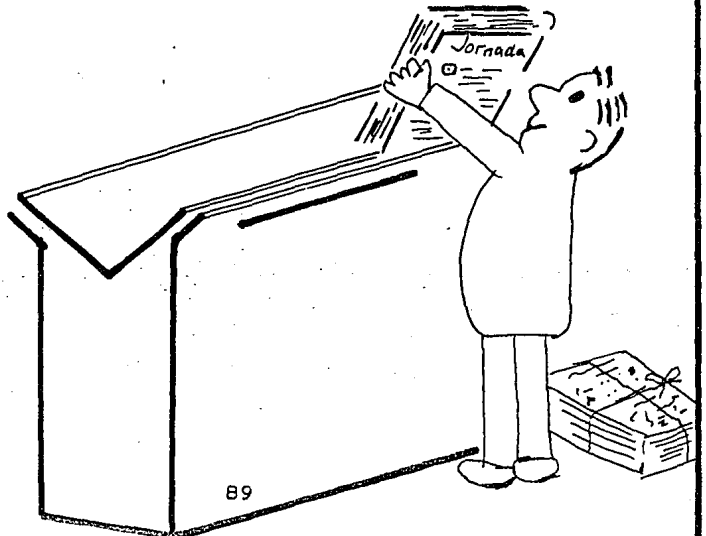


FIG. 4.6 CONTENEDORES ESPECIALES



en el caso de los residuos sólidos domiciliarios están determinados por dos factores fundamentales:

- a) Por razones económicas y,
- b) Por falta de una normatividad

Debido a la diversidad y cantidad de generadores de residuos sólidos domiciliarios que existen, se presenta una gran variedad de recipientes. Dependiendo de la capacidad económica de los usuarios es el tipo de recipiente que se adquiere en el mercado, por lo mismo es posible encontrar contenedores que poseen las características necesarias para efectuar un almacenamiento de los residuos sólidos en óptimas condiciones, de acuerdo a lo más avanzado que se dispone en tecnología y normatividad de otros países.

En zonas residenciales y de sectores medios de la población (económicamente hablando), se encuentran recipientes con las siguientes características:

- Material polietileno de alta densidad inyectado.
- Con tapaderas y asas.
- En algunos casos poseen ruedas.
- Son utilizadas bolsas de polietileno de baja densidad y alta resistencia, en una mayoría de casos compradas especialmente para ese uso, especialmente en los contenedores con volúmenes mayores a 50 litros, pues en el caso de los recipientes con capacidad para 30 litros o menos son utilizados bolsas que se obtienen al efectuar compras en la tiendas de autoservicio.

Se puede observar que utilizan todo tipo de recipiente para contener los residuos, (cubos simples de plástico de diferentes tamaños, cajas de cartón etc.) Independientemente del tipo de contenedor que se utilice, se puede verificar que el mantenimiento de los mismo es deficiente.

En otras zonas de las ciudades se utilizan recipientes de una gran variedad de materiales y formas, predominando los de plástico, pero sin mayores características que las de representar un cubo en el cual se puedan depositar los residuos.

Lo anterior contrasta con el uso de recipientes que antes tuvieron otra utilidad y que previo a ser desechados, se les aprovecha como contenedores de residuos, tal es el caso de tinas viejas, cajas de cartón o de madera, botes que contuvieron pintura de 19 litros, bolsas plásticas de diversos tipos, tambores metálicos de 100 y 200 litros de capacidad.

Los tambores cuya capacidad es de 200 litros con frecuencia se utilizan en lugares de mucha afluencia como parques recreativos, escuelas, etc., y en particular en unidades habitacionales para efectuar los denominados almacenamientos colectivos.

En parques, áreas verdes, escuelas, museos, teatros, estadios y gimnasios se encuentran una diversidad de formas de contenedores, con capacidades que oscilan entre los 20 a 110 litros.

En restaurantes se encuentran en general recipientes con capacidades que van desde los 30 hasta 110 litros, dominando el material plástico y de aluminio, siendo estos últimos de menor capacidad. Es ya frecuente encontrar, sobre todo en aquellos lugares donde se proporcionan servicios de comida rápida, un sistema de almacenamiento adecuado, ya que los contenedores están resguardados en armarios y son protegidos con bolsas de plástico diseñadas para guardar residuos. Con este triple sistema el manejo de los residuos es acéptico y permite lograr una estética e higiene propia de estos lugares. En el caso de los armarios la parte superior es aprovechada como mesa con diferentes usos complementarios con el servicio que proporcionan dichos lugares.

En tiendas y almacenes se utilizan recipientes donde dominan los de plástico, cartón y aluminio; en el caso de las grandes tiendas de autoservicio y cadenas de almacenes los recipientes utilizados son de plástico o aluminio y por lo general cuentan con contenedores semiabiertos, de ahí los residuos son trasladados al camión recolector.

En el caso de la ciudad de México, la actual administración del Departamento del Distrito Federal se ha dedicado al estudio de contenedores, empezando por el diseño de papeleras para parques y jardines, y continuando con un proyecto ambicioso denominado "Plan de recolección nocturna por contenedores", que

consiste básicamente en dar servicio a varias zonas habitacionales representativas de la ciudad. Para este fin se adquirieron 400 contenedores con su correspondiente equipo de recolección, de acuerdo a los programas de recolección a través de contenedores, se realizará el diseño de los mismos para cada una de las fuentes generadoras, así como también se contempla la reglamentación para su uso adecuado.

Un estudio efectuado en la ciudad de Orizaba Veracruz, por la antigua SEDUE, en su parte de diagnóstico indica lo siguiente:

"Tipos de almacenamiento de las diferentes fuentes generadoras.

Cada fuente generadora ocupa diferentes recipientes para almacenar residuos sólidos municipales en Orizaba Veracruz.

Para almacenar residuos sólidos domiciliarios, de restaurantes y otros comúnmente se ocupan los siguientes recipientes.

- 1.- Bolsas de plástico que se obtienen en los supermercados Blanco, El Fenix, tiendas de autoservicio y otros comercios.
- 2.- Cubetas y tinas de lámina de volumen variable.
- 3.- Cubetas y botes de plástico.
- 4.- Cajas de cartón.
- 5.- Costales de fibra sintética y natural.
- 6.- Botes de 19 litros, que sirven de envase para pinturas impermeabilizantes.
- 7.- Otros.

Para almacenar los residuos de hoteles comúnmente se ocupan tambos de 200 litros de capacidad.

En los mercados se tienen depósitos de basura cuyo volumen promedio es de 83.75 m<sup>3</sup>, contruidos de concreto reforzado.

En las escuelas, hospitales, comercios e industrias se emplean tambos de lámina de 200 litros de capacidad.

No existen recipientes para colocar los residuos que se generan en la vía pública, dado que fueron objeto de pillaje."(19)

Este resultado obtenido en el estudio de la SEDUE, es característico en diferentes ciudades y zonas del país. En terminos generales las condiciones regularmente son inadecuadas en grandes sectores de la población, ya que la variación del tipo de recipientes es muy amplia, desde el uso de bolsas de papel y plástico, cajas de cartón, botes de lámina, madera o plástico, tinas viejas, hasta cubetas y cubos fabricados con el fin específico de almacenar los residuos sólidos. Se puede concluir que existe una diversidad de contenedores que se utilizan de acuerdo a los dos puntos que se mencionaron y que en ninguno de los casos corresponde a una respuesta normativa producto de un estudio que determine las necesidades de los usuarios, en este rubro (residuos sólidos) y a las ofertas que los avances técnicos presentan.

#### 4.7 Criterios de selección

Para elegir el contenedor adecuado se debe hacer una evaluación de las alternativas para lo cual se deben considerar los siguientes factores:

- a) Las necesidades reales que se tengan en las fuentes de generación, así como las condiciones que predominen en el medio.
- b) Las características propias de los recipientes. Cada tipo de recipiente lleva ventajas e inconvenientes, siendo importante tener conocimiento de estos aspectos.
- c) Las especificaciones del ambiente. Los tipos de recipientes dependen del medio, la solución difiere según se trate del medio rural o urbano; así como de una vivienda a unas oficinas gubernamentales.
- d) Los costos de inversión y explotación. La estimación de los costos de inversión y de explotación es uno de los principales criterios de selección de los

recipientes de almacenamiento. La propiedad de los recipientes es importante, cuando pertenecen al municipio pueden permitir que se desarrollen con mayor facilidad otros sistemas innovadores de recolección, lo que puede ser la mecanización total de manejo de los residuos a partir de contar con contenedores compatibles con los sistemas de recolección, representando un servicio más para los usuarios. Este aspecto está relacionado directamente con la economía de los usuarios, no se puede plantear una misma solución para una zona residencial que para barrios marginales o periféricos, aunque en ambos casos se deben dar soluciones satisfactorias.

e) Posibilidad de recuperación de sub-productos. Dependiendo de los subproductos que se planifiquen recuperar será el número de recipientes a utilizar, por lo que repercutirá directamente en su forma, dimensiones y materiales a elegir.

f) Considerar las características de la recolección, pues dependiendo del tipo de transporte será el diseño del contenedor, para presentar un sistema compatible que lo haga eficiente.

#### 4.8 Diseño de los contenedores.

Diseñar un contenedor o un conjunto de contenedores que cumplan con el objetivo de almacenar los residuos sólidos temporalmente de manera estanca, suficiente e higiénica, para permitir la estética del lugar, durante el período en que tarde en pasar el camión recolector, es una actividad que corresponde llevar a cabo a las autoridades encargadas de velar por el buen ambiente o por los ayuntamientos municipales. Para alcanzar lo anterior los siguientes factores deben ser considerados en su diseño:

- La cantidad de residuos generados.
- Frecuencia de recolección.
- Número de generadores.
- El tipo de residuos o subproductos a almacenar.
- La peligrosidad de los residuos.
- Densidad de los residuos.
- Espacio disponible.
- Condiciones del medio.

- Disponibilidad del material en la región.
- Facilidad de maniobrabilidad.
- Condiciones de resistencia y durabilidad.
- Resultados de la experiencia.
- Los avances tecnológicos en el uso de nuevos materiales.

En México se han efectuado diferentes estudios sobre el manejo de los residuos sólidos municipales en diversas entidades estatales, como consecuencia de los mismos se ha llegado a establecer una manera de determinar las dimensiones de los contenedores.

El cálculo de la capacidad de los contenedores se ha determinado en función de los siguientes factores:

- La generación de los residuos.
- Peso volumétrico in situ.
- Frecuencia de recolección.
- Características de los residuos.

Contando con esta mínima información es posible determinar fundamentalmente el volumen y la calidad del material a utilizar.

Para determinar la capacidad de los contenedores la SEDUE, estableció la siguiente expresión matemática.

$$V = \frac{(1000)(H)(G)HF_s}{(P_v)(F)}$$

donde:

V = Volumen del recipiente en litros.

G = Generación per cápita diaria en kg/hab./día

$P_v$  = Peso volumétrico en el lugar de generación de los residuos sólidos, en  $\text{kg}/\text{m}^3$

$F$  = Frecuencia de recolección medido en días en que se ejecuta la recolección, por siete días a la semana.

$H$  = Número promedio de generadores de residuos sólidos por familia.

$F_s$  = Factor de seguridad.

Se debe considerar para cada fuente generadora de residuos el correspondiente factor de seguridad  $F_s$ , de acuerdo a las fallas del servicio y la frecuencia determinada de recolección. El peso volumétrico se obtiene de los estudios de campo en el lugar donde se generan los residuos.

Esta expresión matemática ha sido utilizada en estudios llevados a cabo en diferentes municipios de los estados de Puebla, Guadalajara y Veracruz, entre otros, por la SEDUE, actualmente sus funciones están a cargo de la SEDESOL.



## 5. EJEMPLOS DE APLICACION

A continuación se presentan una serie de ejemplos, en los cuales se representan diversas condiciones de generación de residuos, tanto en lo que corresponde a los tipos de fuentes como a las características de los residuos. Las soluciones que se presentan no constituyen, necesariamente, un método definido para resolver este tipo de problemas, ya que en cada caso se presentan condiciones diferentes con multiplicidad de variantes, que se deben considerar en cada caso de forma particular; la intención es demostrar la aplicación de los criterios establecidos, particularmente, en los capítulos 1, 3 y 4 que conducen a respuestas y dan soluciones prácticas, realistas y funcionales, factibles de poderse impulsar para resolver un problema que es común y cotidiano.

### Ejemplo No.1

Diseñar un contenedor para uso domiciliario, en casas unifamiliares en la ciudad de Coatzacoalcos en el estado de Veracruz.

En base a estudios efectuados para la ciudad de Coatzacoalcos, se tiene la siguiente información para la generación de residuos sólidos domiciliarios:

Número promedio de habitantes por familia: 5.43 habitantes.

La generación per cápita de residuos es de 0.658 kg/hab/día

El peso volumétrico de los residuos determinado en campo es de 167.25 kg/m<sup>3</sup>

La frecuencia de recolección es diaria.

El factor de seguridad es 1.5 correspondiente a una frecuencia de recolección diaria con una falla de dos veces a la semana.

Utilizando la expresión (4.1), calculamos el volumen del contenedor.

$$V = 1000 \frac{(H)(G)(Fs)}{(Pv)(F)}$$
$$V = \frac{(1000)(5.43)(0.658)(1.5)}{(167.25)(6/7)}$$
$$V = 37.38 \text{ litros}$$

El factor de seguridad se obtiene al considerar una frecuencia de recolección diaria igual a 6/7 y existe una posibilidad de falla de dos veces por semana 4/7, entonces

$$Fs = \frac{6/7}{4/7} = 3/2 = 1.5$$

En este caso se obtuvo un valor de 37.38 litros como capacidad mínima requerida para almacenar los residuos sólidos domiciliarios.

Conociendo el volumen requerido se dimensiona el contenedor, de la siguiente forma:

Se propone que la forma sea tronco cónica, de base cuadrada, por lo que apoyándonos en la siguiente expresión matemática, tenemos que:

$$V = (h/3)((A1 + A2 + A1 \cdot A2) \dots (5.1)$$

proponiendo valores,  $h = 0.5$  m;  $L_{menor} = 0.25$  m y  $L_{mayor} = 0.40$  m

sustituyendo

$$V = (0.5/3(0.0625 + 0.16 + 0.16 + 0.01))$$

$V = 0.03859$ , que es mayor que  $0.03738$ , por lo que se aceptan estas dimensiones.

El tipo de material de acuerdo a la oferta existente en el mercado y a las condiciones del lugar es el plástico o fibra de vidrio.

Características:

- Deberán contener tapadera y asas.
- Forma tronco cónica, porque presenta ventajas de vaciado rápido.
- Base cuadrada.
- Material plástico.
- Dimensiones: Altura 0.50 m; bases menor y mayor de 0.25 y 0.40 m de lado, respectivamente.

Ver figura 5.1

**OBSERVACIONES:**

Las especificaciones y características determinadas en el estudio del ayuntamiento pueden ser presentadas y concesionadas a un fabricante para que las desarrolle y las haga llegar al mercado en condiciones accesibles para los usuarios.

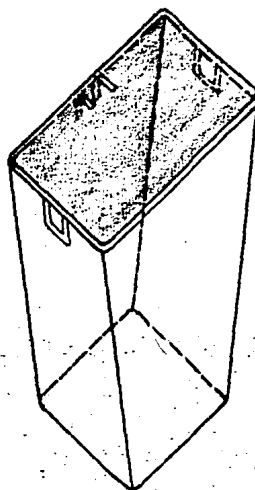
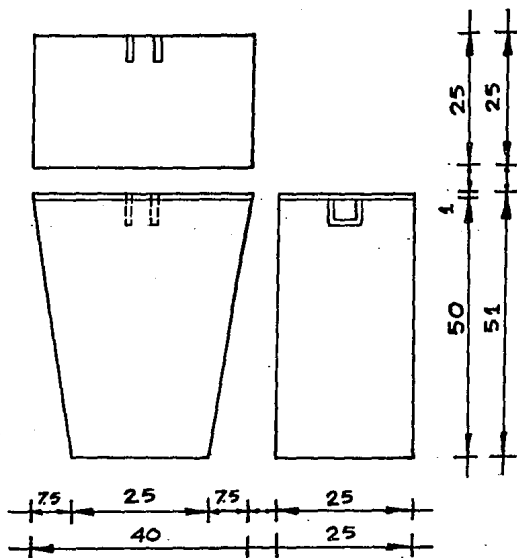


FIGURA 5.1

## Ejemplo No. 2

Definir el número de contenedores y sus características; así como el área de almacenamiento temporal de los recipientes de un tianguis de artesanías que funciona 2 días de la semana (sábados y domingos). En el tianguis existen 216 locales con una generación promedio de 0.25 kg/día, tiene una afluencia de 2000 personas cada semana, que generan 0.1 kg de residuos per capita. La frecuencia de recolección es de una vez por semana. La densidad de los residuos es de 200 kg/m<sup>3</sup>

Solución:

Generación de residuos:

$2000 \text{ hab} * 0.100 \text{ kg/hab/día} = 200 \text{ kg/día}$   
 $216 \text{ locales} * 2 * 0.250 \text{ kg/hab/día} = 108 \text{ kg/día}$   
Generación total = 308 kg/día

Volumen:  $(308 \text{ kg/día}/(200 \text{ kg/m}^3)) = 1.54 \text{ m}^3$

Volumen de diseño =  $1.2(1.54) = 1.848 \text{ m}^3$

Aquí el factor de seguridad se determinó bajo el criterio de un eventual incremento en el volumen generado de residuos, definido por experiencia de generación en el lugar y situaciones similares.

Utilizando recipientes de 0.20 m<sup>3</sup> de capacidad se tiene un total de 10 tambores.

$1.848/0.2 = 9.24$  por lo que lo proponemos que sean 10.

Se recomiendan como características de estos contenedores las siguientes:

Material acero galvanizado

Con tapaderas y asas

Forma cilíndrica, con base circular de 0.60 m de diámetro.

El área de almacenamiento de los contenedores corresponde a un espacio que contenga adecuadamente los 10 recipientes y a la vez permita hacer correctamente las maniobras para su recolección.

Como solución se propone hacer un contenedor construido de tabique, revestido con superficies lisas, que faciliten su mantenimiento (que no acumule residuos y sea fácil de limpiar). Sus dimensiones son las siguientes:

Altura 1.50 m; largo 3.75 m y de ancho 2.31 m (ver figura 5.2)

Estas dimensiones se obtuvieron de la siguiente forma:

Cada tambor o recipiente tiene un diámetro de 0.60 m y entre cada uno se debe observar una separación mínima de 0.12 m; para que sea funcional no deben colocarse en doble fila, por lo que su ubicación será en el contorno del contenedor, por lo que se consideró una distribución como la de la figura 5.2, definiéndose las dimensiones de la siguiente manera:

Largo:

Diámetro de los recipientes	$(0.60*5) = 3.00$
separación entre recipientes	$(0.12*4) = 0.48$
separación de las paredes	$(0.05*2) = 0.10$
grosor de las paredes	$(0.085*2) = 0.17$
total	3.75

Ancho:

Diámetro de los recipientes	$(0.60*3) = 1.80$
separación entre recipientes	$(0.12*2) = 0.24$
separación de las paredes	$(0.05*2) = 0.10$
grosor de las paredes	$(0.085*2) = 0.17$
	2.31

Para recibir los residuos en el momento en que lo generan los visitantes del tianguis se proponen los siguientes recipientes, distribuidos de tal manera que una persona no tenga que recorrer más de 15 m para ir a depositar los residuos. Ver plano (figura 5.3). Las características que se proponen para estos recipientes son las siguientes:

Forma tronco cónica  
material plástico  
con tapaderas y asas  
capacidad comprendida entre los 50 y 80 litros.

ver figura 5.4

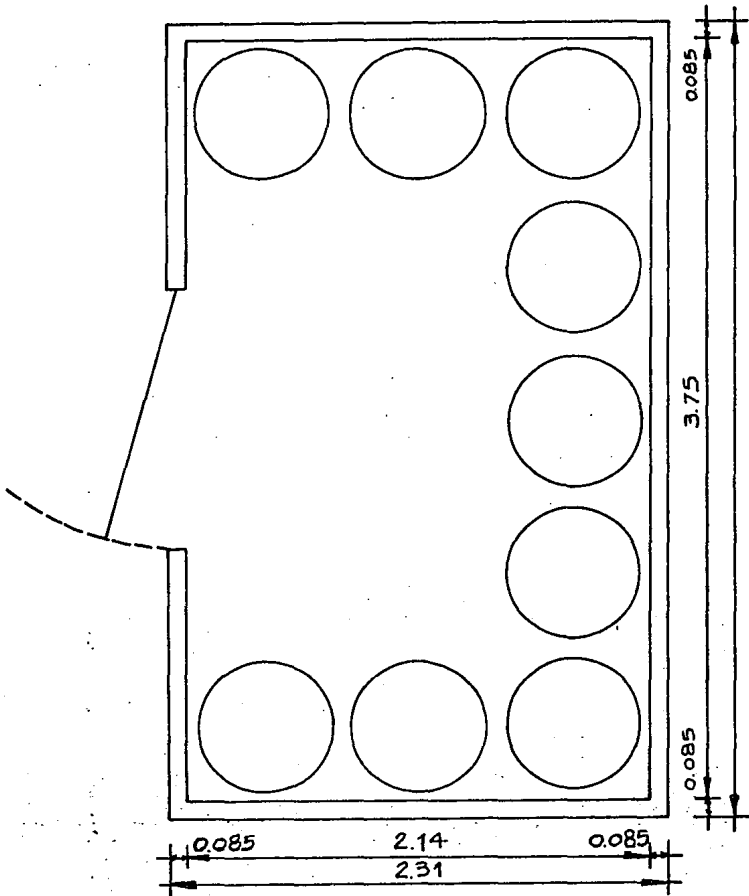


FIGURA 5.2

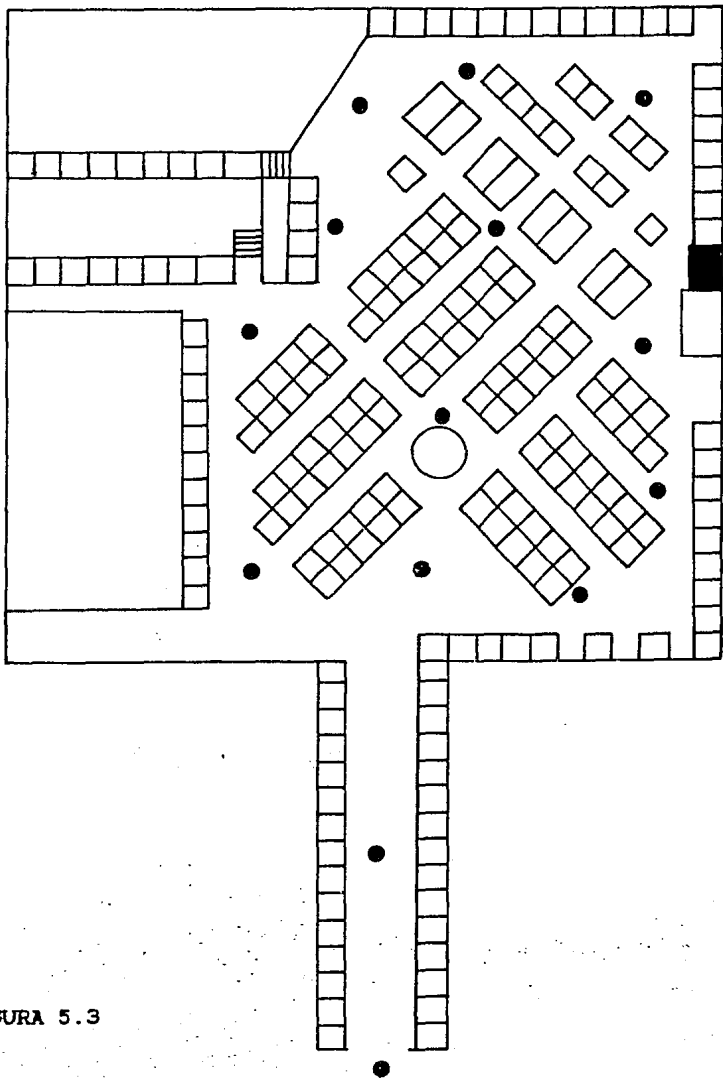


FIGURA 5.3



### Ejemplo 3

La población de Tlacolula, Oaxaca posee 35 mil habitantes, con una densidad poblacional de 250 hab/ha., en ella se efectuaron estudios sobre los residuos sólidos generados, en los cuales se determinó una producción de 0.35 kg/hab/día con una densidad de 320 kg/m<sup>3</sup>. Dado que el 30% de dicha población no puede ser atendida con el sistema de camión recolector, por su difícil topografía se ha optado por un sistema alternativo de recolección, para lo cual ya se tiene un motocar, y se dispone tan sólo de personal para un turno por día.

Calcular lo siguiente:

La cantidad de residuos sólidos que no pueden ser recolectados directamente por el camión.

El tamaño del centro de acopio si los residuos se depositan a granel.

Solución:

Cantidad de residuos que no pueden ser recogidos por el camión recolector.

$$\text{Producción total} = 35\,000 \text{ hab.} \times 0.35 \text{ kg} = 12\,250 \text{ kg/día}$$

El 30% no puede ser atendido por el camión recolector, entonces, la cantidad de residuos que debe ser recogida por el sistema alternativo:

$$0.30 \times 12\,250 = 3675 \text{ kg/día}$$

El tamaño del local de almacenamiento temporal de los residuos se calcula de la siguiente forma:

Asumimos una altura de almacenamiento a granel de 1.40 m

además sabemos que

$$\text{Densidad} = \frac{\text{peso}}{\text{volumen}} = \frac{\text{peso}}{(\text{altura})(\text{largo})(\text{ancho})}$$

sustituyendo valores:

$$320 \text{ kg/m}^3 = \frac{3675 \text{ kg/día}}{(1.4)(\text{largo})(\text{ancho})}$$

entonces, largo por ancho = 8.20 m<sup>2</sup>

Porponiendo una longitud de 3.0 m el ancho es de 2.8 m

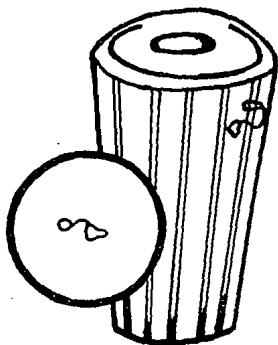


FIGURA 5.4

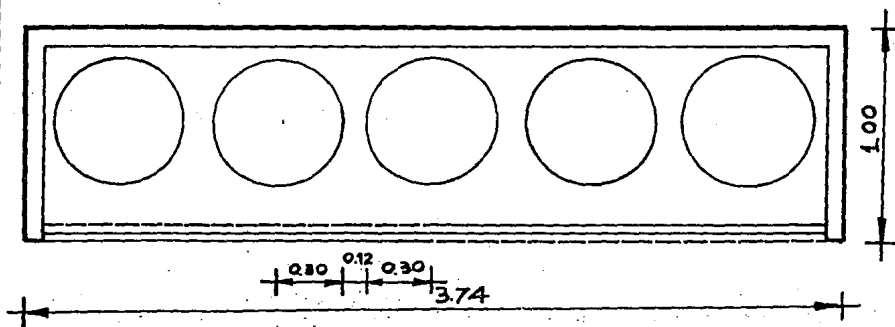


FIGURA 5.5

#### Ejemplo No. 4

Determinar el número de recipientes y las condiciones óptimas de almacenamiento temporal de los residuos sólidos domiciliarios que se generan en una unidad habitacional con las siguientes características:

Número de edificios: 52  
Número de departamentos: 1040  
Número de habitantes 5500  
Frecuencia de recolección diaria  
Densidad de los residuos sólidos: 200 kg/m<sup>3</sup>  
Generación per-cápita: 0.960 kg/hab/día

Solución:

Determinación del tipo de recipientes intradomiciliarios.

a) Utilizando la expresión matemática que definió SEDUE:

Número de habitantes por departamento:

$$5500/1040 = 5.28 = 6 \text{ habitantes por departamento.}$$

Generación de residuos sólidos:

$$V = \frac{(1000)(6)(0.96)(1.2)}{200(5/7)} = 48.38 \text{ litros}$$

b) Utilizando el segundo método para obtener el tamaño del recipiente.

Conociendo el número de habitantes, lo multiplicamos por la generación per cápita y ese valor lo dividimos entre la densidad:

$$(6 \text{ hab.})(0.96 \text{ kg/hab/día})(1 \text{ día}) = 6.96 \text{ kg}$$

$$\text{entonces: } 6.96 \text{ kg}/200 \text{ kg/m}^3 = 0.0348$$

$(0.0348)(1.2) = 0.4171$  Donde 1.2 corresponde a un factor de seguridad que está en función de la posibilidad de falla en la frecuencia de recolección de los residuos.

En este caso se puede observar que el método propuesto por la SEDUE, es más alto, nos proporciona un mayor rango de seguridad.

En general los dos métodos nos proporcionan resultados muy cercanos.

Para determinar las dimensiones se procedió de la siguiente manera:

Conociendo el volumen mínimo que se requiere almacenar y apoyandonos en la expresión matemática que nos permite calcular el volumen de una figura tronco cónica de base circular, se tiene:

$$V = (3.1416/12)(h)(D^2 + Dd + d^2) \dots \quad (5.2)$$

sustituyendo valores

$$V = (0.2617)((0.40)^2 + (0.40)(0.30) + (0.30)^2)$$

$$= (0.2617)(0.60)(0.16 + 0.12 + 0.09)$$

$= 0.04841$ , es mayor que 0.4838 por lo que se aceptan las dimensiones propuestas.

Las características que se proponen para estos recipientes son las siguientes:

Capacidad mínima de 0.4837 litros

Forma tronco cónica, de base circular

Dimensiones altura 0.60 m; bases menor y mayor de 0.30 y 0.40 m de diámetro, respectivamente.

Material plástico

Con tapas y asas.

paredes internas lisas

Ver figura 5.4

Determinación de las formas de almacenamiento fuera de los departamentos.

En este caso de acuerdo a la distribución de los edificios se plantean dos soluciones:

- a) La construcción de armarios que resguarden los contenedores de cada edificio y
- b) La construcción de contenedores que resguarden a granel los residuos sólidos de varios edificios.

Diseño del armario:

De acuerdo a la información se tiene que cada edificio cuenta con 20 departamentos.

Sabiendo que en cada departamento se generan 48.38 litros de residuos sólidos diarios, en cada edificio se generará:

$$48.38 * 20 = 967.6 \text{ kg/día.}$$

Si se considera el uso de tambores de 200 litros de capacidad se necesitan 5 para almacenar los residuos, por lo que se deben construir armarios con la siguientes capacidades:

Definición del largo:

Diámetro de los recipientes	$(0.60 * 5) = 3.00$
separación entre recipientes	$(0.12 * 4) = 0.48$
separación de las paredes	$(0.05 * 2) = 0.10$
grosor de las paredes	$(0.085 * 2) = 0.16$
	3.74 m

Ancho:

Diámetro de los recipientes	$(0.60 * 1) = 0.60$
separación de pared	$(0.05 * 1) = 0.05$

separación de la puerta	$(0.19*1) = 0.19$
grosor de las paredes	$(0.085*2) = 0.16$
	1.0 m

se propone un armario para cinco contenedores con las siguientes características:

Dimensiones: Largo 3.74 m; ancho 1.0 m y altura 1.25 m.

La altura se consideró la necesaria para permitir una amplia visualización de los recipientes y que los residuos sean depositados adecuadamente en el interior de éstos sin derrames en el suelo, tanto al interior como en el exterior de los armarios.

Material: Muros de tabique, con las paredes interiores revestidas con acabados finos (lisos) para que permitan una limpieza estanca. Ubicados a la salida de cada edificio o en un punto accesible a éste, pero a una distancia no mayor a los 15 m. Las puertas de los armarios se sugiere sean corredizas. ver figura 5.5

Considerando la segunda posibilidad se plantea la construcción de contenedores que alojen a granel los residuos; con esta solución no se hace necesario el uso de los recipientes de 200 litros de capacidad.

Si en un edificio se generan 967.6 kg por día, por cada cuatro se generan:

$$967.6*4 = 3870.4 \text{ kg}$$

$$3870.4/200 = 19.35 \text{ m}^3$$

Para contener estos 19.35 m<sup>3</sup> de residuos se propone un contenedor con las siguientes características:

Si la altura es de 1.75 el largo se plantea de 3.5 m y un ancho de 3.25 por o que tenemos:

$$3.25 * 1.75 * 3.50 = 19.90 \text{ m}^3 \text{ es mayor que el volumen que se necesita almacenar, por lo que aceptan estos valores.}$$

En este caso es importante que donde se construya debe haber acceso directo del camión recolector.

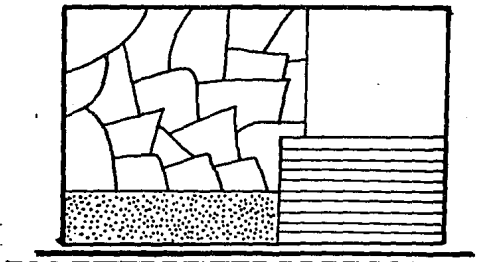
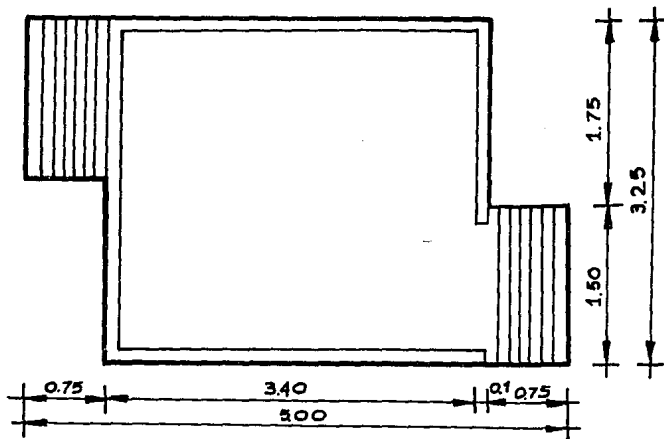


FIGURA 5.6



### Ejemplo No. 5

En una unidad habitacional con una población de 15 000 habitantes y un promedio de 5 habitantes por vivienda según estudios efectuados se determinó que la generación per-cápita es de 0.850 kg/hab/día. Diseñar el tipo de contenedores para almacenar temporalmente los residuos sólidos domiciliarios; si en la comunidad existe un proyecto de separación con los siguientes sub-productos: residuos orgánicos, papel, plástico, latas y cartón. De acuerdo a estudios efectuados se tienen los siguiente porcentajes de producción de cada uno de los sub-productos: Residuos orgánicos: 37.6%, papel: 26.6%. cartón: 9.9%, plástico: 8.4%, latas: 6.6% y otros : (vidrio, trapos, metales, etc.) 10.8%

La intervalo de recolección de los residuos es de cada dos días.

Solución:

Determinación del volumen de los recipientes:

Calculando el factor de seguridad:

Fs. =  $(3/7)/(2/7) = 1.5$ ; este factor está determinado por la posibilidad de falla del camión recolector

$$V = \frac{1000(5)(0.850)(1.5)}{(200)(3/7)} = 74.27 \text{ litros}$$

Por el segundo método

$$V = (5 \text{ hab.})(0.850 \text{ kg/hab/día})(3 \text{ día}) = 12.75$$

$$V = (12.75 \text{ kg})/(200 \text{ kg/m}^3) = 0.06375 = 0.06375 \text{ m}^3$$

Para definir los tamaños de los contenedores de los sub-productos se obtienen sacando el porcentaje correspondiente de volumen, de acuerdo a su cantidad de generación.

Residuos orgánicos:	$0.07437 * 0.376 = 27.96$ litros
papel:	$0.07437 * 0.266 = 19.78$ litros
cartón:	$0.07437 * 0.099 = 7.37$ litros
plástico:	$0.07437 * 0.084 = 6.24$ litros
latas:	$0.07437 * 0.066 = 4.92$ litros
otros:	$0.07437 * 0.108 = 8.03$ litros.

Conociendo esos volúmenes se puede diseñar el tipo de contenedor para almacenarlos. En este caso se propone un clasificador de residuos que utiliza recipientes de material plástico, los cuales van dentro de un armario que forma parte de los muebles de cocina, para el cual puede estar integrado a un juego que comprende la estufa, lavatrastos y el refrigerador; o bien construirse por aparte, teniendo como otro uso, como mesa para guisar. (ver figuras 5.7 y 5.8).

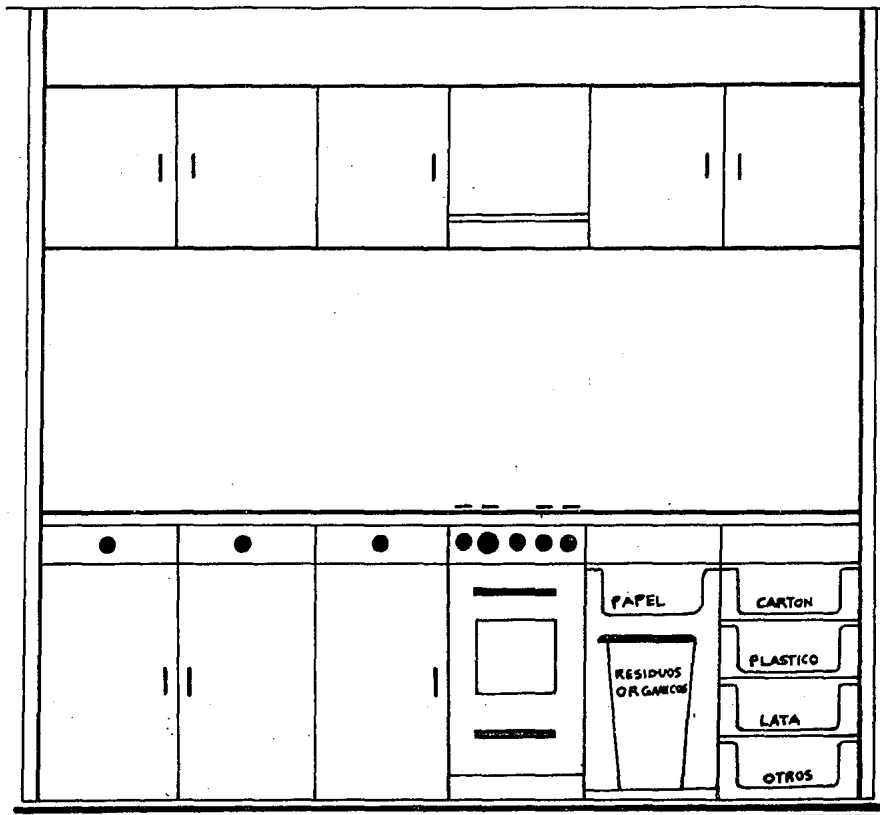


FIGURA 5.7

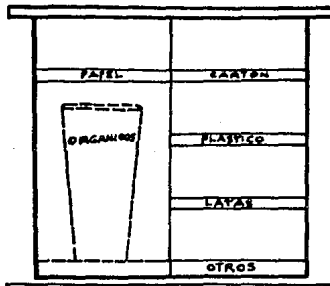


FIGURA 5.8  
2.63

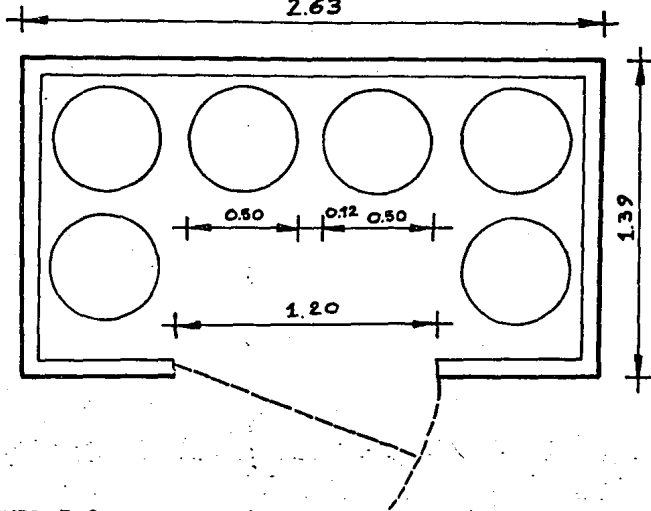


FIGURA 5.9

## Ejemplo No. 6

Calcular el número de contenedores y diseñar el prototipo para almacenar los residuos sólidos que se generan en una escuela primaria que cuenta con las siguientes características:

3 edificios con 6 aulas cada uno, y una capacidad de 35 alumnos por aula.

Generación promedio por alumno 0.10 Kg/alumno/día

Densidad promedio de los residuos: 125 kg/m<sup>3</sup>

Frecuencia de recolección diaria.

Solución:

Determinación del volumen de los residuos sólidos:

Población estudiantil:

$$(3 \text{ edificios})(6 \text{ aulas/edificio})(35 \text{ alumnos/aula}) = 630 \text{ alumnos}$$

Generación por día:

$$(630 \text{ alumnos})(0.100 \text{ Kg/alumno/día}) = 63 \text{ kg/día}$$

$$\text{Volumen} = (63 \text{ kg/día}) / (125 \text{ kg/m}^3) = 0.504 \text{ m}^3$$

Considerando el factor de seguridad que es de 1.2

$$0.504 * 1.2 = 0.6048 \text{ m}^3$$

Para almacenar este volumen de residuos se propone el uso de 6 recipientes de 110 litros de capacidad, con las siguientes características.

Forma: Tronco cónica, base circular

Material: Plástico, por su bajo peso y facilidad de ser manipulado por una sola persona, ya que en escuelas pequeñas trabaja poco personal de mantenimiento y limpieza.

Con tapa removible y asas

Superficie interior lisa.

Las dimensiones y características de estos contenedores son comerciales y se encuentran en el mercado.

Para proporcionar un aspecto agradable y evitar que los contenedores estén al alcance de los niños, se propone la construcción de un armario como se presenta en la figura 5.9, con las siguientes dimensiones.

Largo:

Diámetro de los recipientes  $(0.5*4) = 2.0$   
separación entre recipientes  $(0.12*3) = 0.36$   
separación de las paredes  $(0.05*2) = 0.10$   
grosor de las paredes  $(0.085*2) = 0.17 +$   
2.63

Ancho:

Diámetro de los recipientes  $(0.5*2) = 1.00$   
separación entre recipientes  $(0.12*1) = 0.12$   
separación de las paredes  $(0.05*2) = 0.10$   
grosor de las paredes  $(0.085*2) = 0.17 +$   
1.39

Se propone como dimensiones 2.63 m de largo por 1.40 m de ancho.

Determinación del volumen de los contenedores por aula:

$(35 \text{ alumnos})(0.1 \text{ kg/alumno/día}) = 3.5 \text{ kg/día}$

Al interior de los salones se proponen el uso de papeleras de base cuadrada y material plástico. Se recomienda que se utilicen bolsas plásticas para permitir que no se maltrate el recipiente. Sus dimensiones se presentan en la figura 5.10

Para los pasillos se proponen unos contenedores fijos con una capacidad de 30 litros cada un con una distribución de tal manera que un alumno no tenga que caminar más de 25 metros para depositar los residuos. El modelo que se propone está representado en la figura 5.11.

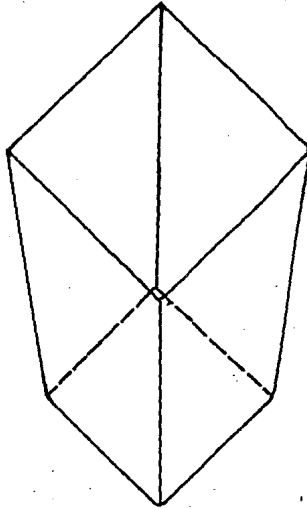


FIGURA 5.10

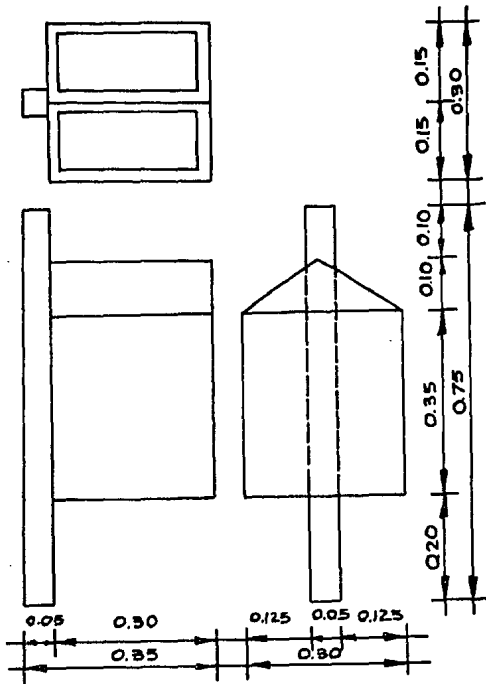
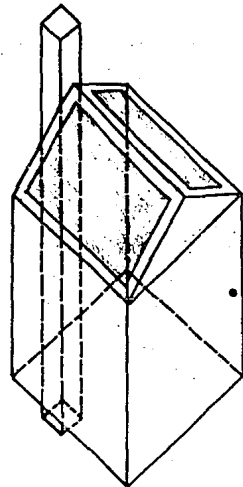


FIGURA 5.11





## Ejemplo No. 7

Definir el número y tipo de contenedores así como la distribución adecuada, del Jardín Hidalgo y del parque Centenario, cuyo aforo llega a alcanzar el día domingo un total de 8 000 paseantes; de acuerdo a estudios efectuados la generación per-cápita es de 0.075 kg/día, la frecuencia de recolección es diaria, incluyendo los domingos, con una posibilidad de falla de una vez por semana. La densidad de los residuos es de 100 kg/m<sup>3</sup>. Una restricción consiste en que un paseante no recorra más de 25 metros para depositar los residuos .

### Solución

Determinación del volumen de generación:

$$(8\ 000\ habitantes)(0.075\text{kg/paseante/día}) = 600\ \text{kg/día}$$

considerando el factor de seguridad, se tiene:  
 $600 * 1.16 = 696\ \text{kg/día}$

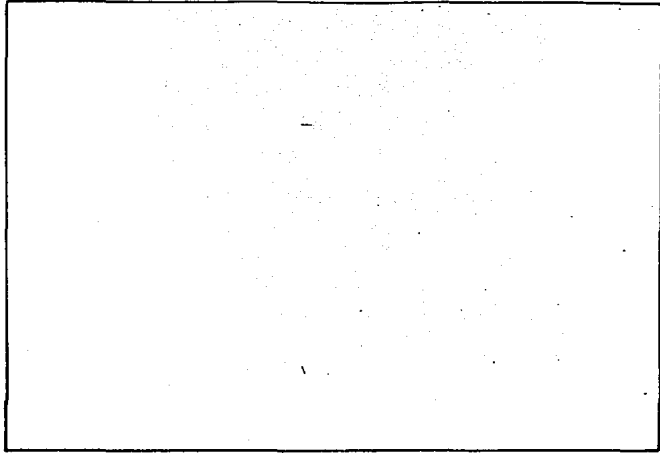
$$\text{Volumen} = (696\ \text{Kg/día})/(100\ \text{kg/m}^3) = 6.96\ \text{m}^3$$

Considerando las dimensiones de los parques y las restricciones de que un paseante no debe recorrer más de 25 metros para depositar sus residuos se propone la siguiente solución para el número y dimensiones de los recipientes.

En este caso conociendo el plano de localización de los parques (ver plano, figura 5.12) se hizo la distribución de los contenedores y en base a ese número se pasó a determinar la capacidad de los depósitos. De acuerdo a esa distribución se consideran que son necesarios colocar 56 depósitos, los cuales deben ser de la siguiente capacidad.

$(6.96\ \text{m}^3)/(56\ \text{contenedores}) = 0.12428\ \text{m}^3$ ; por lo que se puede proponer un recipiente con una capacidad de 125 litros.

CALLE CENTENARIO



CALLE JARDIN HIDALGO

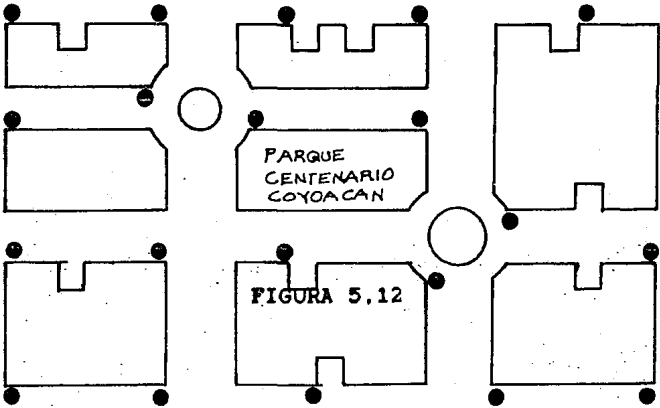


FIGURA 5.12

PARQUE  
CENTENARIO  
COYOACAN

PARQUE  
JARDIN HIDALGO  
GOYOACAN.

CALLE JARDIN HIDALGO

CALLE ALLENDE

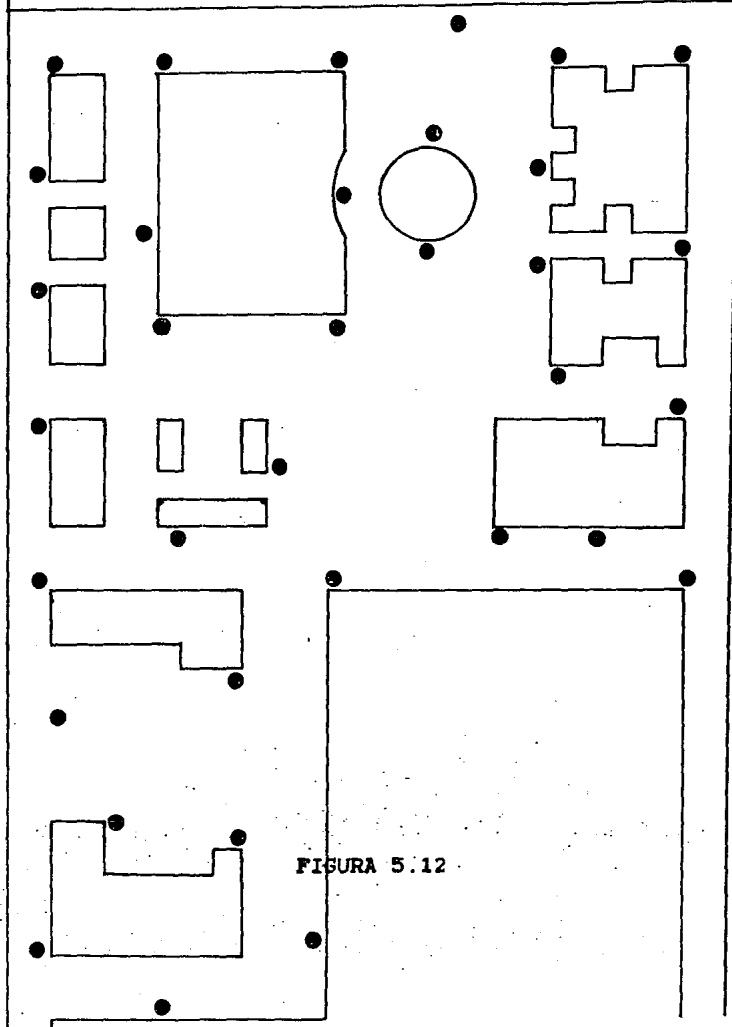


FIGURA 5.12

## Ejemplo No. 8

Determinar el número de contenedores, diseñar el tipo más adecuado de estos (material, dimensiones y formas, etc.) para almacenar temporalmente los residuos sólidos de un restaurante con los siguientes datos:

Generación 80 kg/día, conteniendo los siguientes subproductos:

Materia orgánica	50%
vidrio	10%
aluminio	6%
plástico	5%
papel	5%
cartón	5%

frecuencia de recolección diaria.

Solución:

Necesitamos conocer la densidad de los residuos, para lo cual partimos de los porcentajes de los subproductos y sus respectivos valores de densidad.

$$(80 \text{ kg/día}) (0.5) = 40 \text{ kg/día}$$

si la densidad de los residuos orgánicos es de 290 kg/m<sup>3</sup>, entonces tenemos:

$(40 \text{ kg/día}) / (290 \text{ kg/m}^3) = 0.1379 \text{ m}^3/\text{día}$ ; de igual forma se procede con los demás sub-productos.

$$(80 \text{ kg/día})(0.1) = 8 \text{ kg/día}$$

el vidrio tiene un densidad de 195 kg/m<sup>3</sup>

$$(8 \text{ kg/día})(195 \text{ kg/día}) = 0.041 \text{ m}^3/\text{día}$$

el aluminio tiene un densidad de 160 kg/m<sup>3</sup>

$$(80 \text{ kg/día})(0.06) = 4.8 \text{ kg/día};$$

$$(4.8 \text{ kg/día})/(160 \text{ kg/m}^3) = 0.03 \text{ m}^3/\text{día}$$

el plástico tiene una densidad de 65 kg/m<sup>3</sup>, entonces

$$(80 \text{ kg/día})(0.05) = 4 \text{ kg/día}$$

$$(4 \text{ kg/día})/(65 \text{ kg/m}^3) = 0.0615 \text{ m}^3/\text{día}$$

el papel tiene una densidad de 85 kg/m<sup>3</sup>, entonces

$$(4 \text{ kg/día})/(85 \text{ kg/m}^3) = 0.047 \text{ m}^3/\text{día}$$

el cartón tiene una densidad de 50 kg/m<sup>3</sup>, entonces

$$(4 \text{ kg/día})/(50 \text{ kg/m}^3) = 0.08 \text{ m}^3/\text{día}.$$

Sumando todos los resultados se tiene:

$$0.1379 + 0.041 + 0.03 + 0.0615 + 0.047 + 0.08 = 0.3974 \text{ m}^3/\text{día}$$

total del volumen generado en un día.

De acuerdo a ese volumen se proponen los siguientes tipos de contenedores (considerando que no habrá segregación de residuos):

4 contenedores de 100 litros cada uno

dimensiones: base menor 0.35 m de diámetro, base mayor 0.50 m de diámetro y 0.50 m de altura

material plástico

forma tronco cónica, de base circular

con asas y tapadera removible

se recomienda que se use bolsa plástica desechable, para garantizar la limpieza de los contenedores.

ver figura 5.4

Para determinar las dimensiones del depósito se partió de la siguiente expresión matemática (5.2), que permite determinar el volumen de una figura tronco cónica de base circular:

$$V = \frac{(3.1416)(H)}{12} = (D^2 + Dd + d^2)$$

proponiendo valores y resolviendo, se tiene:

$$h = 0.50, d = 0.35, D = 0.50$$

$$V = \frac{(3.1415)(0.80)}{12} [(0.50)^2 + (0.50)(0.30) + (0.30)^2]$$

$$= 0.2094(0.25 + 0.15 + 0.09) = 0.1026 \text{ litros; es un valor aceptado.}$$

Para optimizar el espacio donde se van a guardar los contenedores se propone se construya un armario, mismo que por su ubicación puede servir como mesa donde se preparan los alimentos, o como mostrador que separa las áreas donde se preparan los alimentos de donde se consumen por el público.

El tamaño del armario debe ser el siguiente:

Diámetro de los contenedores	$(0.50*4) = 2.00$	
separación entre contenedores	$(0.10*3) = 0.30$	
separación de las paredes	$(0.05*2) = 0.10$	
grosor de las paredes	$(0.025*2) = 0.05$	
total		2.45 m

ancho:

Diámetro de los contenedores	$(0.50*1) = 0.50$	
separación de las paredes	$(0.05*2) = 0.10$	
grosor de las paredes	$(0.025*2) = 0.05$	
		0.65 m

Las características del armario son las siguientes:

Dimensiones: Altura 1.30 m, largo 2.45 m y ancho 0.65 m  
 forma rectangular  
 material aluminio  
 ver figura 5.14

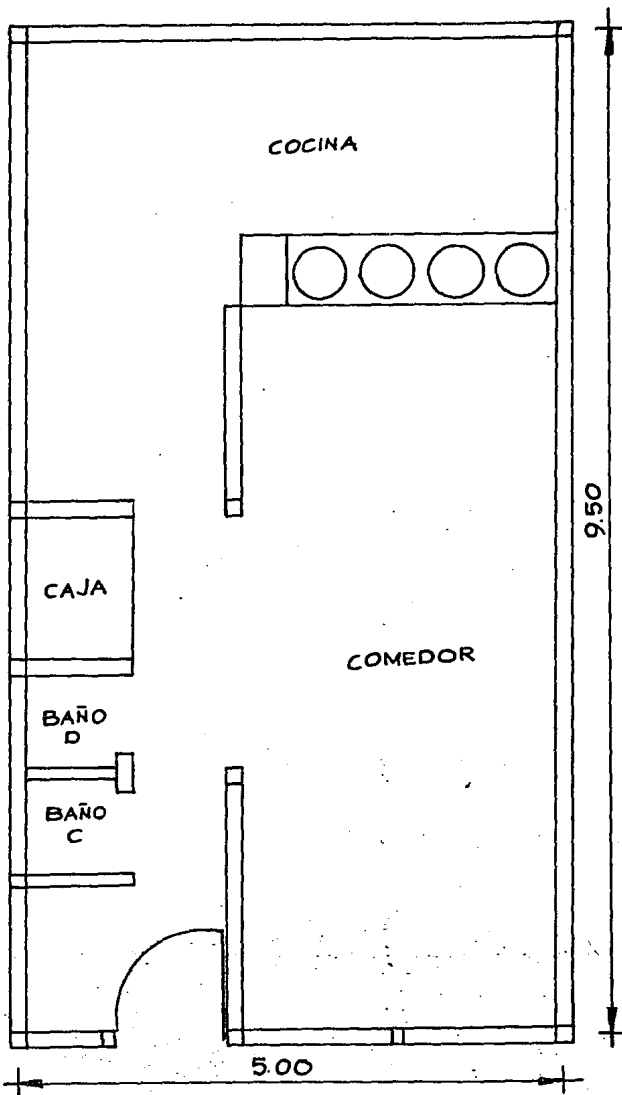


FIGURA 5.14

### Ejemplo No. 9

Diseñar un contenedor adecuado para almacenar temporalmente los residuos de una fábrica de muebles para oficina, teniendo la siguiente información:

Generación promedio diaria 130 kg.  
frecuencia de recolección semanal.

se generan las siguientes cantidades de sub-productos: Aluminio 15%, madera 25%, acero 8%, cartón 10%, papel 9%, acrílico 6%, vidrio 18% y polietileno 9%.

Solución:

Se procede de manera similar al ejemplo anterior, en este caso pasamos directamente a elaborar una tabla que nos simplifica el trabajo tanto para su presentación como para una rápida interpretación de los resultados.

SUB-PRODUCTO	%	PESO kg	DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>	VOLUMEN m <sup>3</sup>
Aluminio	15	19.5	2 688	0.0072
madera	25	32.5	592	0.0548
acero	8	10.4	7 688	0.00135
cartón	10	13.0	688	0.0188
papel	9	11.7	928	0.0126
acrílico	6	7.8	1 024	0.0076
vidrio	18	23.4	2 496	0.009
polietileno	19	11.7	1 040	0.0112
total		130.0		0.1225

Volumen semanal necesario:

$$(0.1225 \text{ m}^3) * 6 = 0.7353 \text{ m}^3$$

volumen de diseño:

$$1.2(0.7353) = 0.8823 \text{ m}^3$$



Con el volumen obtenido se calculan las dimensiones del contenedor, considerando una altura de 0.75 m obtenemos una área equivalente a 1.176 m<sup>2</sup> al dividir el volumen entre este valor. Para obtener el área mínima de 1.17 m<sup>2</sup> proponemos las siguientes dimensiones 1.2 de largo por 1.0 m de ancho, entonces:

$(1.2)(1.0)(0.75) = 0.90$  donde 0.90 m<sup>3</sup> es mayor que 0.8823 m<sup>3</sup>, por lo que se aceptan las dimensiones propuestas.

Características del contenedor:

Forma rectangular

material acero

dimensiones: Altura 0.75 m, largo 1.2 m y ancho 1.0 m

manejado por un montacarga o polipasto.

no deberán depositarse residuos que no correspondan exclusivamente a los generados producto de la fabricación de los muebles.

ver figura 5.15

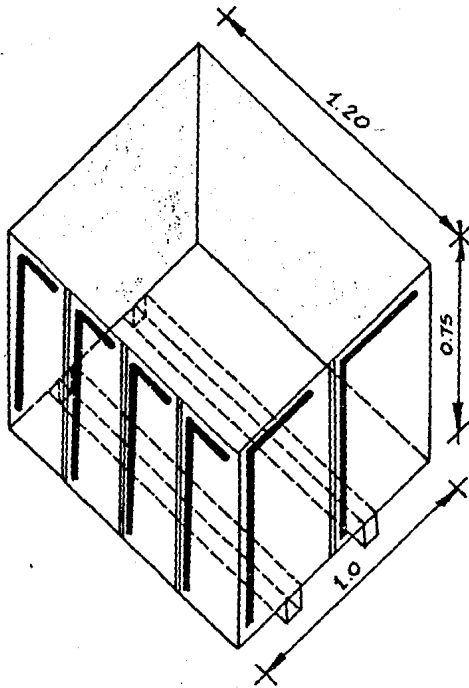


FIGURA 5.15

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

En este capítulo se presentan las principales conclusiones que se pudieron derivar al desarrollar el presente trabajo. Asimismo, se presentan una serie de recomendaciones que se juzgan convenientes de llevar a cabo, con el propósito de ampliar el conocimiento y la difusión de prácticas y técnicas para optimizar el almacenamiento de los residuos, realizándose así de una forma adecuada, higiénica y segura, y que a su vez contribuya a la economía del sistema de recolección y transporte de los residuos sólidos.

1.- El almacenamiento es una actividad necesaria dentro del sistema integral de manejo de los residuos sólidos municipales, ya que constituye la primera acción que se lleva a cabo para un efectivo control del sistema, facilitando las etapas posteriores.

2.- Esta actividad requiere de un diseño adecuado de los recipientes, contenedores y áreas de almacenamiento, lo que permite que sea funcional. Además, al desarrollarse de forma compatible con los mecanismos de recolección, permite hacer eficiente el sistema de manejo y tratamiento de los residuos.

3.- Los contenedores y recipientes deben cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

- Higiénicos
- Fáciles de limpiar
- Resistentes
- Estéticos

Hermeticos  
Poseer capacidad necesaria  
Económicos

4.- Las prácticas de almacenamiento existentes en México son muy heterogeneas, y en general, no se llevan a cabo bajo ninguna normatividad ni reglamentación, necesarias para estandarizar el uso de determinados tipos de recipientes, y de ésta forma hacer eficiente el sistema de manejo de los residuos sólidos municipales.

5.- No hay una normatividad federal y la que existe no es completa, al menos en lo que se refiere al almacenamiento. En la gestión de los residuos sólidos existen algunas consideraciones legislativas, pero son muy generales o enfocadas a otros aspectos del sistema general de manejo y tratamiento.

6.- En el mercado se cuenta con distintos tipos de contenedores que cumplen con su función, pero no es muy generalizado su uso en la población, fundamentalmente la de escasos recursos económicos.

## 6.2 RECOMENDACIONES

1.- Los municipios o las autoridades encargadas del manejo de los residuos sólidos deben contar con personal técnico como: Ingenieros, médicos, licenciados en administración de empresas, trabajadores sociales, licenciados en pedagogía, publicistas, entre otros, con la finalidad de planificar técnicamente el manejo integral de los residuos sólidos, considerando especialmente el aspecto de almacenamiento debido a los riesgos a la salud que se tienen en las fuentes de generación al no almacenarse adecuadamente los residuos.

2.- Es necesario que los ayuntamientos o la autoridades federales como la Secretaría de Desarrollo Social, la Secretaría de Salud, así como la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial intervengan en la elaboración de normas específicas para la determinación de las áreas de almacenamiento dentro las diferentes fuentes de generación así como para el diseño de contenedores.

3.- Se recomienda que los diseñadores y fabricantes nacionales elaboren recipientes que cumplan con los requerimientos y condiciones mínimas para un

adecuado almacenamiento de los residuos, teniendo especial atención al factor económico, para poder estar al alcance de todos los sectores de la población.

4.- Que la Secretaría de Educación Pública incluya en los programas de estudio en todos los niveles del sistema educativo contenidos referentes al manejo de los residuos sólidos, proponiendo actividades prácticas en los centros de enseñanza; asimismo en los centros de estudios superiores como institutos y universidades se promuevan la formación de cuadros técnicos especializados en el conocimiento de los residuos sólidos municipales.

5.- Que diferentes agrupaciones gremiales como: La Asociación Mexicana para el Control de los Residuos Sólidos (AMCRESPAC), el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM), El Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA), El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), así como los organismos no gubernamentales dedicados a la preservación y defensa del medio ambiente desarrollen actividades tendientes a fomentar una conciencia sobre el tema a través de diversas actividades como: Seminarios, conferencias, cursos, mesas redondas, foros y publicaciones.

6.- Que los diferentes medios de comunicación como: Radio, televisión y prensa escrita difundan campañas educativas con el objetivo de fomentar hábitos correctos sobre el manejo adecuado de los residuos.

## REFERENCIAS

1. CEPAL, Problemas y Posibilidades de la Gestión del Medio Ambiente en América Latina, con Especial Referencia a la Problemática de los Residuos Sólidos, Argentina 1987.
2. SEDUE, Desechos Sólidos "La Basura", México, Diciembre 1989.
3. SEDUE, Programa Nacional de Ecología.
4. Howard Peavy, Environmental Engineering.
5. SEDUE, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, México 1988.
6. SEDUE, Norma Técnica NTRS-1 Terminología.
7. OPS/OMS, Guías para el Desarrollo del Sector de Aseo Urbano en Latinoamérica y el Caribe, 1991
8. SEDUE, Op. Cit. (5)
9. OPS/OMS, Op. Cit. (7)
10. DDF, Reglamento para el Servicio de Limpia en el Distrito Federal, México, 1989
11. SEDUE, Curso Sobre el Manejo y Disposición Final de los Desechos Sólidos para la Ciudad de Guadalajara, Jalisco.
12. SEDUE, Op. Cit (5)
13. Deffis Armando, La Basura es la Solución.
14. DDF, Programa de Tratamiento y Disposición de Desechos Sólidos.
- 15 SEDUE, Op. Cit. (6)
16. SEDUE, Op. Cit. (5)

17. López Jaime, Composición, Recogida y Tratamiento de las Basuras
18. López Jaime, Op. Cit. (17)
19. SEDUE, Proyecto Ejecutivo de Recolección y Disposición Final de Residuos Sólidos en la Ciudad de Orizaba, Veracruz.

## BIBLIOGRAFIA

1. Cepal-PNUMA. Desarrollo Industrial. Generación y manejo de los Residuos. Argentina, 1987.
2. Coordinación de Proyectos de Desarrollo, Secretaría de la Presidencia. Proyecto Nacional de Desechos Sólidos. México, 1990.
3. DDF. El problema de la Basura en el Distrito Federal. México, 1981.
4. DDF. Reglamento para el Servicio de limpia en el D.F. Diario oficial. México 27 de julio de 1989.
5. DDF. Dirección de Desechos Sólidos, Programa de Tratamiento y disposición de Desechos Sólidos. México, 1980.
6. Deffis Caso, Armando. La Basura es la Solución. Ed. Concepto, S.A. México, 1991.
7. Environmental Protection Agency, Decision Guide to Solid Waste Management. United States, 1989.
8. Howard S. Peavy, Rowe Ronald R. Environmental Engineering. Ed. Mc. Graw Hill International. Singapore, 1986
9. López G. , Jaime. Basura Urbana, Recogida, Eliminación y Reciclaje. Editores Técnicos Asociados, S.A. España, 1975
10. López G. Jaime. Composición, Recogida y Tratamiento de Basuras. Editores Técnicos Asociados, S.A. España, 1970.
11. La Jornada Ecológica. Artículos sobre residuos sólidos. Ed. Demos S.A. de C.V. México, 27 de marzo de 1992
12. OPS. Guías para el Desarrollo del Sector de Aseo Urbano en Latinoamérica y el Caribe. Perú, 1990.



13. Oficina de Asesoría y Consultoría. Manual de Tecnología Apropriada para el manejo de los Residuos Solidos. Ed. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente. Perú, 1992
14. OPS. Simposio Regional sobre Desechos Sólidos. República Dominicana, 1978.
15. Proyectos, Construcción y Estudios S.A. de C.V. Estudio para la Determinación de las características Fisicoquímicas de los Residuos Sólidos del D.F. México, 1991.
16. SEDUE Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México, 1988
17. SEDUE. Curso sobre Manejo y Tratamiento, Disposición Final de los Desechos Sólidos para la Ciudad de Guadalajara, Jalisco. México.
18. SEDUE. Diagnóstico sobre la Situación actual del manejo, Tratamiento y Disposición de los Desechos Sólidos en la Ciudad de Orizaba, Veracruz. México.
19. SEDUE. Diseño del Sistema de Manejo de los Residuos Solidos Municipales de la Ciudad de Puebla. México, 1989.
20. SEDUE. Proyecto Ejecutivo de Desechos Sólidos para Campeche. México, 1983.
21. SEDUE. Normas Técnicas. México, 1985
22. SEDUE. Políticas y Estrategias en el manejo de los Residuos Sólidos Muunicipales e Industriales en México.