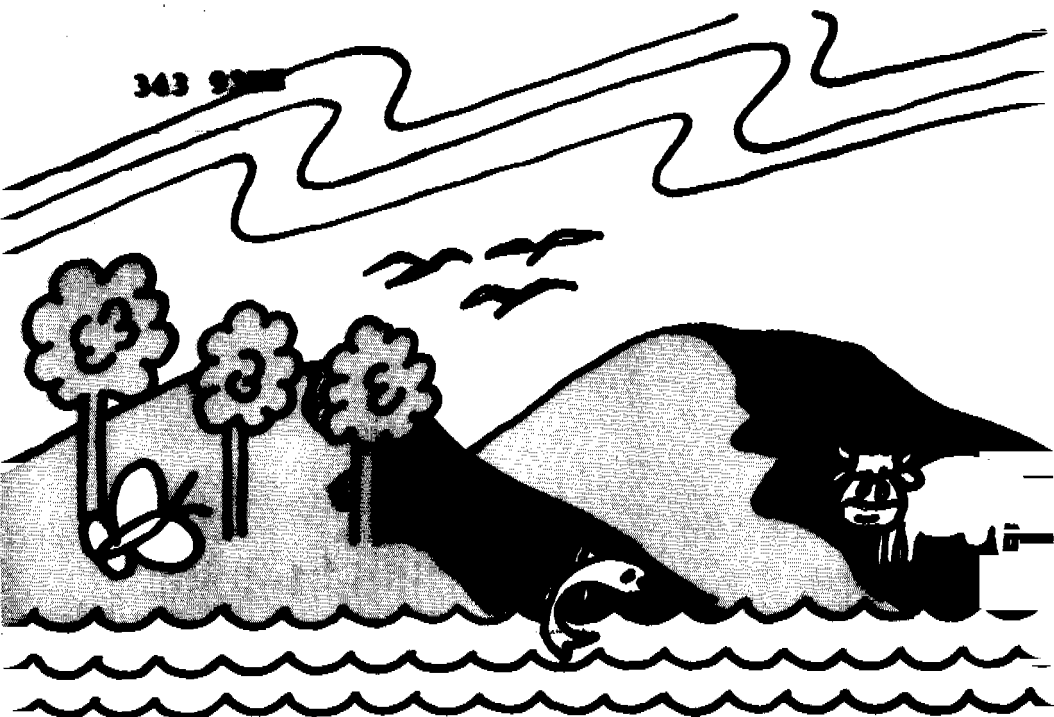


343 93RE



RESIDUOS SÓLIDOS



RAMON DUQUE MUÑOZ Y HECTA 343-93RE-12702

RESIDUOS SOLIDOS

HECTOR COLLAZOS PEÑALOZA
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Colombia
Santa Fe de Bogotá

RAMON DUQUE MUÑOZ
Ingeniero Sanitario
Profesor Titular
Universidad del Valle
Cali

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE FOR DEVELOPING WATER SUPPLY AND SANITATION P.O. BOX 113, 1009 AD The Hague Tel. (070) 814911 ext 141/142
RN: 12702
LO: 343 93RE

FUNPIRS
FUNDACION PARA LA INVESTIGACION SOBRE
RESIDUOS SOLIDOS
Calle 98bis #57-20
Santa Fe de Bogotá D.C.

**DERECHOS RESERVADOS
ES PROPIEDAD DE LOS AUTORES
ESTA PUBLICACION NO PUEDE SER REPRODUCI-
DA EN TODO NI EN PARTE, SIN EL PREVIO PERMI-
SO DE LOS AUTORES.**

**Primera Edición, 1988
Segunda Edición, Ampliada, 1993**

**Editada por FUNPIRS
Calle 98bis #57-20
Santa Fe de Bogotá**

Indice

Página

CAPITULO PRIMERO

EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	1
---	---

CAPITULO SEGUNDO

CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS . . .	13
2. 1 Clasificación	15
2. 2 Producción	18
2. 2.1. Metodología del Muestreo	24
2. 2.2. Población bajo muestreo	25
2. 2.3. Unidades de muestreo	25
2. 2.4. Selección de la muestra	26
2. 2.5. Tamaño de la muestra	29
2. 2.6. Resumen y Análisis de los datos	32
2. 2.7. Construcción del Intervalo Confidencial	36
2. 2.8. Aceptación o Rechazo de la Estimación	37
2. 2.9. Producción Futura	40
2. 3. Composición	41
2. 3.1. Composición Física	42
2. 3.2. Composición Química	49
2. 3.3. Peso Especifico	55

CAPITULO TERCERO

ALMACENAMIENTO Y PRESENTACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	59
3. 1. Tamaño de los recipientes	61
3. 2. Peso máximo permitido	62
3. 3. Materiales recomendables	63
3. 4. Presentación	64
3. 5. Características generales	65
3. 6. Almacenamiento Unifamiliar	66
3. 7. Almacenamiento Multifamiliar	66
3. 8. Almacenamiento Comercial	68
3. 9. Almacenamiento Industrial	68

CAPITULO CUARTO

TRANSPORTE DE LA BASURA	71
4. 1. Introducción	71
4. 2. Frecuencia de Recolección	75
4. 3. Alternativas de Frecuencia	78
4. 4. Rendimiento de la Recolección	80
4. 5. Horarios	82
4. 6. Cobertura de Recolección	83
4. 7. Cuadrillas	83
4. 8. Equipo	85
4. 9. Selección de Equipo para Recolección	88
4. 9.1. Variables del Servicio	90
4. 9.2. Condiciones del Chasis	94
4. 9.3. Condiciones de la Caja	100
4.10. Potencia Requerida del Equipo	114
4.11. Distribución de carga sobre ejes	116
4.12. Centroides de producción	119
4.13. Macro Ruteo	121
4.14. Micro Ruteo	126
4.15. Estaciones de Transferencia	132

CAPITULO QUINTO

BARRIDO DE CALLES Y LIMPIEZA DE AREAS PUBLICAS	141
5. 1. Generalidades	141
5. 2. Barrido Manual	144
5. 2.1. Preparación de las Rutas	148
5. 3. Barrido Mecánico	149
5. 3.1. Preparación de las Rutas	153

CAPITULO SEXTO

DISPOSICION FINAL	157
6. 1. Generalidades	157
6. 2. Soluciones Actuales	158
6. 3. Soluciones Futuras	160
6. 4. Técnica de Reciclaje	163
6. 5. Relleno Sanitario	166
6. 5.1. Tipos de Rellenos Sanitarios	167
6. 5.2. Diseño de Celdas	172
6. 5.3. Materiales de Cobertura	176
6. 6. Ubicación del Sitio para Relleno Sanitario	186
6. 7. Prediseño	204
6. 7.1. Características de los residuos a disponer	204
6. 7.2. Capacidad del Relleno Sanitario	205

6. 7.3.	Climatología	206
6. 7.4.	Características de los Lixiviados	206
6. 7.5.	Gases	209
6. 8.	Diseño	211
6. 8.1.	Adecuación del sitio	211
6. 8.2.	Celda Unitaria	213
6. 8.3.	Material de cobertura	216
6. 9.	Operación del Relleno Sanitario	217
6. 9.1.	Procedimiento de descargue	217
6. 9.2.	Control de vectores	219
6. 9.3.	Control de papeles y plásticos	219
6. 9.4.	Prevención y Protección contra Incendios	222
6. 9.5.	Equipo	223
6. 9.6.	Uso Futuro	223
6.10.	Programa de Vigilancia y Control	224
6.10.1.	Generalidades	224
6.10.2.	Selección de los Sitios de Muestreo	225
6.10.3.	Parámetros	226
6.11.	Información sobre costos	231

CAPITULO SEPTIMO

INDICADORES	235	
7. 1.	Producción Total de Basuras	238
7. 2.	Eficiencia Global del Servicio	240
7. 3.	Eficiencia de la Frecuencia de Recolección	240
7. 4.	Cobertura	241
7. 5.	Rendimiento de los vehículos	242
7. 6.	Estado del Parque Automotor	243
7. 7.	Burocracia de la Empresa	244
7. 8.	Rendimiento de Recolectores	245
7. 9.	Rendimiento en Disposición Final	245
7.10.	Rendimiento del Barrido	246
7.11.	Rendimiento del Combustible	247
7.12.	Ejecución Presupuestal	247
7.13.	Costo Total por Tonelada Recogida	248
7.14.	Costo de Recolección	248
7.15.	Costo de Disposición Final	249
7.16.	Costo de Barrido	249
7.17.	Costo por Habitante Servido	250
7.18.	Ingresos por Tonelada Recolectada	251



CAPITULO PRIMERO
EL PROBLEMA DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS

CAPITULO PRIMERO EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

El concepto de residuo es muy amplio; existen las excretas humanas; las de otros animales, especialmente en el campo de la ganadería donde ha tomado carácter de explotación industrial; los residuos domésticos de las grandes, medianas y pequeñas poblaciones; los residuos de los fertilizantes utilizados para mejorar la productividad agrícola; los residuos de los biocidas que controlan la acción de los organismos que atacan la agricultura; los residuos radioactivos de las investigaciones o del uso industrial de la energía nuclear y en general los residuos de todas las actividades del hombre, incluyendo la guerra, que llega a envenenar el suelo y el aire, dejando artefactos explosivos -verdaderos residuos de una guerra- que causan daños a la humanidad durante mucho tiempo.

La palabra "residuo" en si no es suficientemente clara; si se consulta el diccionario, se observa su definición como "la parte que queda de un todo; lo que queda de la descomposición o destrucción de una cosa"; pero lo que es "residuo" para una persona o industria, puede ser "materia útil" para otra persona o industria; así por ejemplo, el papel es materia prima para la industria de los periódicos; éstos se producen diariamente; el hombre que lee sus páginas aproximadamente en media hora -vida útil de un periódico- lo desecha finalmente como residuo, que luego se convierte en materia útil para el basuriero quien lo vende a la industria del papel, que lo reprocesa para producir papel o cartón.

El suelo, el agua y el aire son los grandes receptores de los residuos causados no sólo por la actividad del hombre, sino también por la de los demás animales y la naturaleza.

Tradicionalmente se ha resuelto el problema aplicando el antiguo aforismo griego: "aleja las basuras de tu vista o enfermarás"; es así como inicialmente el hombre arrojó sus residuos sólidos en cualquier lugar lejano, creando lo que se conoce como botaderos abiertos de basuras.

El problema de los residuos sólidos se puede analizar semejando la Tierra como una nave espacial que debe emprender una expedición. Se supone que está diseñada para dos astronautas y que por alguna razón la ocupan tres; se puede asumir que se superan los problemas de combustible y alimentación, pero

después de algún tiempo de iniciado el viaje, los residuos de estos hombres serán tantos que no se podrá continuar la expedición; faltará el oxígeno, se enfermarán por los problemas de contaminación y tendrán finalmente que regresar rápidamente a su base para poder salvar sus vidas.

El Planeta Tierra es una nave asombrosamente bien diseñada que en el espacio sideral gira alrededor del Sol; en ella existe un reciclaje de la proteína animal y vegetal; el ciclo biológico funciona perfectamente; los insectos sirven de alimento para las aves y éstas para los pequeños mamíferos que a su vez sirven de sustento a los grandes mamíferos -incluyendo al hombre-, que cuando muere entrega toda su materia para empezar nuevamente el ciclo. Pero esta nave Tierra, que gira alrededor del Sol, no está diseñada para albergar el creciente número de astronautas que viajan en ella y cuyo número tiende siempre a crecer. Por lo tanto si no se disponen adecuadamente los residuos de ésta nave espacial en que vivimos, nos ahogaremos en nuestros propios desechos, ya que a diferencia de los tres astronautas del ejemplo anterior, no tenemos otra madre Tierra donde retornar velozmente.

El hombre siempre ha producido residuos; cuando vivía en las cavernas seguramente tenía un lugar para depositarlos; cuando era nómada, los abandonaba a lo largo del camino que recorría; pero en esos tiempos era tan pequeño el número de hombres y tan amplio el espacio libre existente que no se apreciaban los problemas ambientales.

Pero comenzó a conformar comunidades y ya vemos cómo Moisés se vió abocado a solucionar los problemas inherentes a la concentración humana cuando dice en el Deuteronomio 23,12-13: "Tendrás fuera del campamento un lugar donde agacharte para hacer tus necesidades, llevando además de las armas un palo; con el harás un hoyo para agacharte; y después de haberte agachado taparás tus excrementos".

Durante muchos años, la naturaleza se encargó de disponer los residuos que el hombre producía entregando al suelo proteína animal y vegetal que reciclaba con el proceso biológico para ser nuevamente utilizado por el mismo hombre.

Pero cuando el hombre se urbanizó y creció desmesuradamente, la naturaleza no pudo lograr lo que tan bien realizaba en un principio. El hombre es el causante del actual problema de acumulación de residuos y el mismo hombre tiene que solucionarlo.

La magnitud del problema actual (1.992) es grande y tiende a aumentar. Es necesario dar soluciones de ingeniería a las 20.000 toneladas diarias de basura que se generan en Colombia, de las cuales 5.000 toneladas diarias produce Bogotá, 1.600 Medellín, 1.500 Cali y 1.100 Barranquilla.

En general, la problemática originada por la producción de residuos sólidos puede relacionarse con cuatro factores que son a su vez causa de la gravedad del problema:

a) El aumento de la cantidad de residuos está relacionado directamente con el aumento de la población.

De una u otra forma, con pequeños o medianos errores, se conoce la población futura, es decir, la cantidad de seres humanos productores de basura en el año 2.000 y siguientes; aún mas, se conoce el índice de crecimiento humano anual y es lógico aplicarlo también al crecimiento de los residuos (Ver Cuadro # 1-1).

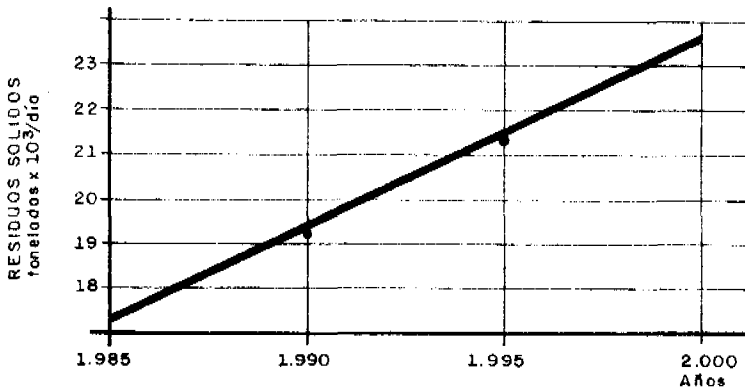
CUADRO # 1-1
POBLACION Y CRECIMIENTO POBLACIONAL
ALGUNAS CIUDADES COLOMBIANAS
1.985 - 2.000

CIUDAD	HABITANTES 1985	CRECIMIENTO ANUAL (%)	HABITANTES AÑO 2.000
Bogotá	3'974.813	2,8	6'014.692
Medellín	1'418.554	2,1	1'937.457
Cali	1'323.944	2,6	1'945.718
Barranquilla	896.649	3,2	1'438.196
Cartagena	491.368	3,5	823.213
Bucaramanga	341.513	1,9	452.918

Fuente: DANE, Censo de 1.985

Con base en la anterior información, considerando una producción por habitante (pph) de 0,62 kilogramos de basura por persona y por día, asumiendo que ésta se mantiene constante, (lo cual como se verá más adelante, no es verdadero) y con base en las tendencias de crecimiento de la población colombiana al año 2.000, se construye la Figura # 1-1 que muestra la magnitud futura del problema de la basura.

FIGURA # 1-1
TENDENCIA DEL CRECIMIENTO
DE LOS
RESIDUOS SOLIDOS
(con pph constante de 0,62 kg/persona-día)
COLOMBIA



Observando la Figura # 1-1 se aprecia que en el año 2.000 los residuos sólidos de Colombia podrán llegar a una cifra de 23.600 toneladas diarias, que con un peso específico de 0,3 t/m³ (basura tal como sale de la vivienda; según información encontrada en varias ciudades) equivalen a un volumen de 78.600 m³/día sin tener en cuenta el aumento de la producción de residuos por habitante, como se analizará mas adelante.

b) A medida que los países incrementan su desarrollo aumenta su producción de residuos sólidos por habitante.

En los Estados Unidos de Norte América en 1.920 se producía en promedio 1 kg/persona-día; en 1.965 se llegó a 2 kg/persona-día; en 1.973 algunas ciudades sobrepasaron los 3.5 kg/persona-día y en 1986 hay informes de producción mayores que 7.0 kg/persona-día.

En Colombia, en 1976 la Dirección de Saneamiento del Ministerio de Salud efectuó un estudio y encontró que la producción de basura por habitante era de 0,52 kilogramos/habitante-día, en 1989 el Programa de Investigación sobre Residuos Sólidos (PIRS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, efectuó otro muestreo y encontró que esta cifra era de 0,8 kilogramos/habitante-día, esto ratifica que en general la producción por habitante tiende a aumentar con el tiempo.

En todo el mundo se observa una tendencia de aumentar la producción de basura por habitante (pph) a medida que aumenta el Ingreso Per Cápita (IPC). Esta tendencia ha de manejarse con cuidado y no extrapolarla a las diferentes regiones de un país o de una ciudad. Se han efectuado estudios en varias ciudades y no se ha encontrado una relación clara entre la producción de residuos sólidos y los estratos socio-económicos correspondientes; se debe tener en cuenta que en Colombia los estratos socio-económicos no están bien definidos y así por ejemplo, es frecuente ver en barrios de estrato bajo zonas de estrato alto y viceversa.

El conocimiento de la relación entre la producción por habitante y el IPC está llevando a los países altamente desarrollados a estudiar la problemática de las basuras y por ésto están adoptando políticas para reducir el peso y volumen de sus residuos; en cambio, los países en "vía de desarrollo" no tienen políticas al respecto; así los primeros están regresando al uso de envases reciclables y los segundos van hacia el uso de los envases no reciclables.

En los tiempos modernos se producen más residuos que antes y la tendencia general es a seguir aumentando a medida que aumenta el poder adquisitivo de una sociedad; esto hace que el problema de la cantidad de los residuos sólidos sea mucho mayor que el considerado en el punto a) es decir, que la velocidad de crecimiento de la producción de residuos es mayor que la velocidad de crecimiento poblacional.

c) La producción de basuras por habitante está Relacionada con el tamaño de las ciudades.

Este es un fenómeno poco estudiado, pero las observaciones mostradas en el Cuadro #1-3 así lo indican. Parece lógico porque las ciudades grandes están mas industrializadas, lo que las hace producir para su consumo y para la exportación, pero ellas se quedan con la basura.

CUADRO # 1-3
RELACION ENTRE TAMAÑO DE LA CIUDAD Y LA PPH
COLOMBIA
1985

CIUDAD	POBLACION Habitantes	pph kg/habitantes-día
Bogotá	3'974.813	1,00
Medellín	1'418.554	0,77
Cali	1'323.944	0,61
Barranquilla	896.649	0,50
Nelva	178.130	0,45
Calarcá	37.679	0,40
Jamundí	21.098	0,21

d) La mayor o menor biodegradabilidad de los residuos sólidos tiene relación con el desarrollo de las poblaciones.

En los desechos de los países industrializados se observa un incremento en papeles, plásticos, metales y telas y una disminución en cenizas, material inerte y desechos de cocina.

Se ha encontrado una diferenciación de contenido de materia orgánica de los residuos sólidos de poblaciones con diferentes capacidades económicas; entre menos recursos se posea, mayor es la proporción de materia orgánica de los desechos.

Es necesario investigar más sobre el tema porque no se conoce lo suficiente sobre su producción y su composición. El estudio de los desechos sólidos abre un campo completamente nuevo para los ingenieros.

La ingeniería debe empezar ya a resolver estos problemas porque si no lo hace, el hombre se ahogará en sus propios desechos.

Es posible que Chateaubriand, al escribir una vez más su obra no dijese: "Los bosques preceden a los pueblos, los pueblos preceden a los desiertos"; sino, "Los bosques preceden a los pueblos, los pueblos preceden a los basureros".

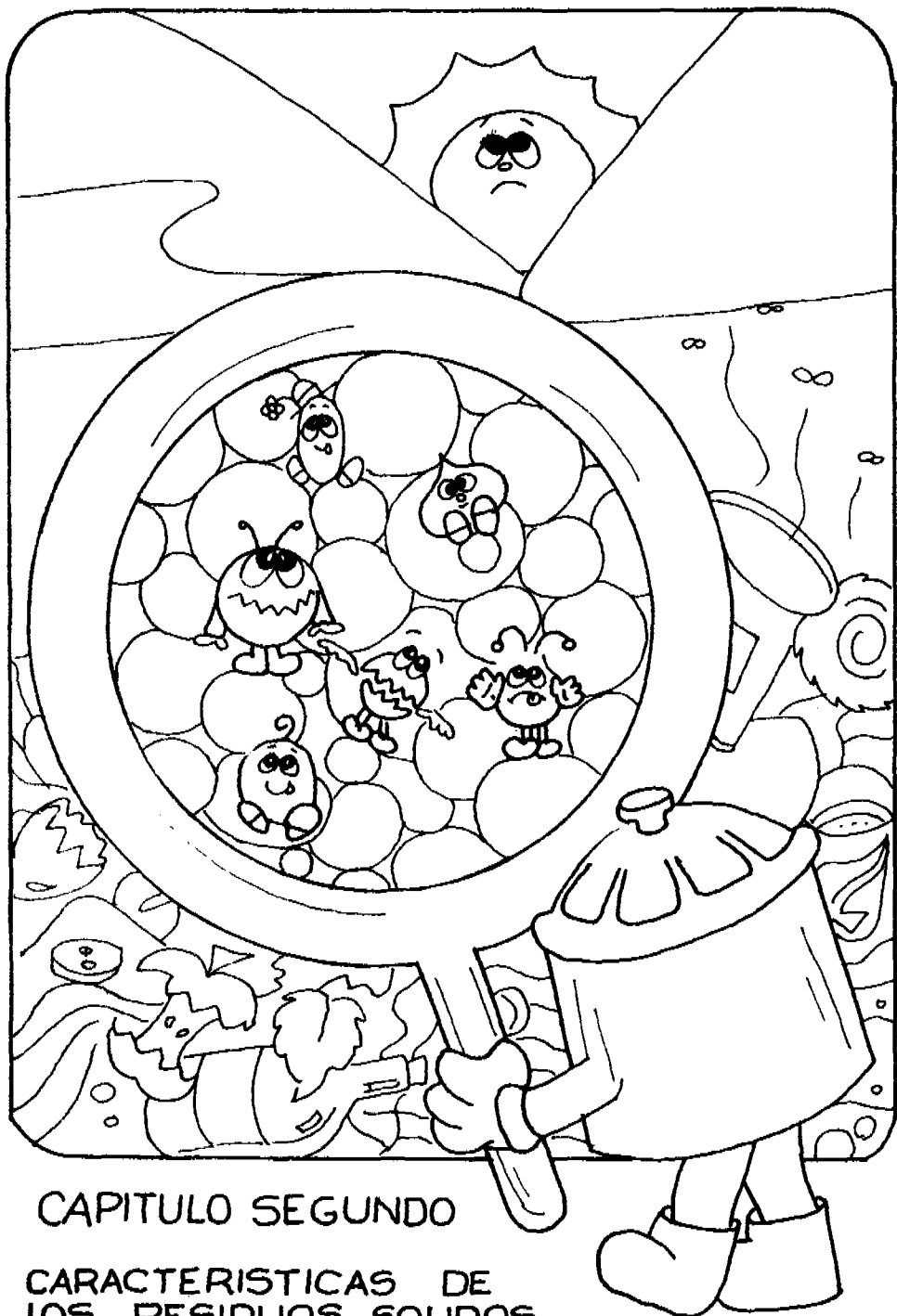
BIBLIOGRAFIA

ACURIO, Guido. RUIZ, Domingo. Simposio Regional sobre Desechos Sólidos. OPS//OMS, Serie Técnica 21, 1978.

FLOREZ, Alberto. Simposio sobre Ambiente, Salud y Desarrollo en las Américas. OPS/OMS, Serie Técnica 19, 1974.

MINISTERIO DE SALUD, Dirección de Saneamiento, Programa Nacional de Aseo Urbano de Colombia (PRONASU), Bogotá, 1976.

PIRS, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Manejo de la basura en los Municipios Colombianos, Diagnóstico, 1989.



CAPITULO SEGUNDO

CARACTERISTICAS DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS

CAPITULO SEGUNDO CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Todo problema de manejo de residuos, tiene dos grandes componentes: la población que los produce, con todas sus variables inherentes y los residuos mismos; enfrentarse a este problema implica por tanto conocer, lo más ampliamente posible todos los factores que caracterizan los dos componentes.

Desde el punto de vista de la población es necesario conocer variables como:

- Tamaño actual
- Velocidad de crecimiento
- Distribución geográfica
- Capacidad económica
- Hábitos, costumbres, usos, expectativas y opiniones de la población servida acerca del servicio
- Clima, en especial lo referente a temperatura y períodos lluviosos y secos

- Topografía general del asentamiento urbano
- Densidad de población y tendencias de urbanización
- Características de las vías, tipo de superficie, pendientes, trazado, y capacidad de tráfico.

Ha de tomarse muy en cuenta que el servicio de manejo de residuos sólidos es muy similar a otros servicios públicos: acueducto, alcantarillado, teléfono, energía y cualquier otro. Por tanto, mucha de la información requerida puede encontrarse buscando las fuentes en la organización existente sobre servicios públicos o en entidades como Oficinas de Planeación, Valorización, Departamento Nacional de Estadística, Empresas Municipales de Servicios Públicos, Ministerio de Salud y otros.

Por esta razón no se hace énfasis en este texto sobre métodos de medición de las variables arriba enunciadas. Sin embargo, ha de tomarse muy en cuenta una característica fundamental del manejo de residuos sólidos y es su gran flexibilidad. Así, mientras servicios como agua y energía se basan sobre las instalaciones de redes de distribución permanentes con costos relativamente altos y por tanto períodos de diseño de 20 ó más años, el servicio de manejo de residuos sólidos es una red muy elástica, basada sobre equipos con vida útil entre 5 y 8 años, con una gran flexibilidad para absorber grandes variaciones de demanda, ampliando ó disminuyendo el número de recursos con que se atiende el sistema y haciendo lo mismo con el tiempo efectivo del servicio.

Referente a los residuos sólidos será necesario conocer su cantidad, sus variaciones en el tiempo, su composición física, química y otras características que son objeto de atención en este capítulo.

La reunión de toda esta información permitirá, junto con la tecnología y demás recursos disponibles, elaborar las alternativas de manejo de la basura, para luego evaluar todas aquellas en función de indicadores de tipo económico, de bienestar y de protección a la salud de la comunidad y de los recursos naturales renovables y no renovables; seleccionando la mejor de éstas, ejecutándola y midiendo sus resultados se alimentará nuevamente el planteamiento del problema, en un proceso que necesariamente debe mantenerse en movimiento.

2.1 CLASIFICACION

Las basuras se clasifican:

a) De acuerdo con la fuente productora, como:

- Residenciales o Domésticas: son las que por su cantidad, calidad, naturaleza, composición y volumen son generadas en las actividades de la vivienda del hombre ó en cualquier establecimiento asimilable a éstos. Normalmente tienen alto contenido de materia orgánica.

- **Comerciales:** son las generadas en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes y depósitos. Generalmente presentan altos contenidos de papel y cartón.

- **Comerciales de alimentos:** aunque las normas las consideran dentro del nombre genérico de "comerciales", es necesario separarlas, porque, éstas presentan altos contenidos de materia orgánica ya que son producidas por las cafeterías, restaurantes y hoteles.

- **Plazas de Mercado:** al igual que las anteriores, están catalogadas como "comerciales" pero su alto volumen, concentrado en pocos lugares y su alto contenido de materia orgánica, normalmente de tipo vegetal, justifican su clasificación independiente.

- **Industriales:** son las generadas en actividades propias de éste sector, como resultado de los procesos de producción; su composición está de acuerdo con el tipo de industria.

- **Institucional:** son las generadas en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales ó marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros; normalmente tienen altos contenidos de materia orgánica, papel y cartón.

- **Especiales:** son las producidas en espectáculos ó lugares especiales como en Ferias Nacionales ó Internacionales ó en presentaciones deportivas; generalmente tienen alto contenido de papel y cartón.
- **Barrido de Calles:** son el producto del aseo de las calles y avenidas. Presentan alto contenido de material inerte y papel.
- **Lugares Públicos:** son las recogidas en parques ó zonas de recreación; generalmente tienen altos contenidos de papel y cartón.

b) De acuerdo con su composición pueden ser:

- **Patógenas:** son las que por sus características y composición pueden ser reservorio ó vehículo de infección; generalmente son producidas en los hospitales, clínicas, laboratorios y universidades.
- **Tóxicas:** son aquellas, que por sus características físicas ó químicas, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, pueden causar daño y aún muerte a los seres vivos ó provocar contaminación ambiental.
- **Combustibles:** son aquellas que arden en presencia de oxígeno por acción de una chispa o de cualquier otra fuente de ignición.

- **Inflamables:** son las que pueden arder espontáneamente en condiciones normales.
- **Explosivas:** son las que generan grandes presiones en su descomposición instantánea.
- **Radioactivas:** son las que emiten radiaciones nucleares (electromagnéticas ó corpusculares) en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.
- **Volatilizables;** son las que por su presión de vapor, a temperatura ambiente, se evaporan ó volatilizan.

La cantidad producida en cada una de estas clasificaciones variará de acuerdo con el tipo de población, pero por lo general, la mayor cantidad es de tipo residencial.

2.2 PRODUCCION

El primer problema que se presenta en cuanto a los residuos sólidos, es conocer cuánta basura y de qué tipo se produce en la ciudad o población en estudio para ser manejada por el sector municipal. El conocimiento de esta información permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección, el personal, el ruteo, la frecuencia de recolección, el establecimiento de tarifas y la disposición final.

Así como el primer problema que se presenta es la producción, la solución también debe ser prioritaria en este sentido. Es necesario conocer en detalle las características de la "producción" para estudiar la posibilidad de manejarla, básicamente disminuyendo su cantidad y controlando su calidad.

Evidentemente, si la cantidad de basura producida se minimiza, todo el proceso se simplifica, de tal manera, que "un kilogramo menos producido, es un kilogramo menos almacenado, presentado, recogido, transportado y dispuesto". Sin lugar a equivocaciones el problema más grande en un sistema de manejo de residuos sólidos es la "producción".

En el capítulo primero, se mostró la relación existente entre el ingreso per cápita y la producción de basuras por habitante; un método quizás exógeno a la ingeniería es el de implantar políticas de gobierno para evitar que la relación anterior sea directa. Una política de gobierno puede ser, prohibir los empaques no retornables; otra política puede ser, apoyar la industria que utiliza como materia prima elementos de desperdicio, como por ejemplo, el reciclaje de papel; en fin, tantas cosas que fácilmente se observan al mirar nuestras basuras, las de nuestros vecinos, las de las fábricas y las de nuestras oficinas.

El conocimiento de la cantidad de basura de tipo industrial, comercial y de limpieza de calles, por ser un problema muy localizado, es relativamente fácil de obtener. Lógicamente es necesario

disponer de un censo que indique el número y tipo de establecimientos existentes para posteriormente determinar la cantidad de basura producida por cada uno de ellos. Sin embargo, es menester obtener siempre el permiso de los industriales ó de los comerciantes para medir sus basuras; con mucha frecuencia esto no se logra porque "temen" que les descubran sus desechos peligrosos, que los coloca en dificultades ante las autoridades sanitarias, ó también porque creen que les descubren sus secretos técnicos; sin embargo, en muchos casos, los industriales y los comerciantes no saben qué es lo que botan y con frecuencia, descubren que entre sus desechos hay materia prima, intermedia y final que por fallas en sus procesos, salen en las basuras; ellos deben entender y comprender que uno de los mejores métodos para mejorar la calidad de sus productos ó negocios es controlar los residuos, tanto en su calidad, como en su cantidad.

La basura de tipo residencial, exige otro tratamiento, debido a su magnitud. Ante todo, es preciso definir que aún cuando interesa el dato global de basura producida, más interesa, para efectos del manejo y administración de los residuos, las cantidades parciales que llegan a constituir ese total. La razón es sencilla: así como el manejo de residuos es diferente para cada una de las clasificaciones, la basura de tipo residencial varía en amplios rangos, de acuerdo con las características de la población y por tanto, requerirá variaciones en la solución de su administración.

Por tanto, para conocer la producción de basura residencial, es aconsejable, inicialmente, dividir la ciudad en grandes estratos lo mas homogéneos posible.

Generalmente el criterio para la estratificación está determinado por la capacidad económica de la población.

Cada uno de estos estratos será manejado como una unidad independiente con respecto a la producción de basuras.

Es también importante relacionar la cantidad de basura producida, con los productores. De aquí surge el concepto de **producción por habitante**; sin embargo, la unidad de medida puede ser además del habitante, la vivienda y surge el concepto de **producción por vivienda**; puede ser también la cuadra y surge el concepto de **producción por cuadra**.

La pregunta es entonces, ¿qué unidad de medida se debe tomar?

Tradicionalmente se ha trabajado con la producción por habitante, la cual tiene la ventaja que conociendo el número de habitantes, con una simple multiplicación se calcula la basura que producen, pero en muchas poblaciones la información censal no es confiable, sobre todo al final del período censal; la producción por vivienda, tiene la ventaja de la facilidad de contar las casas de habitación y de ser la verdadera unidad, porque siempre la basura

se entrega -por vivienda y no por persona-; profundizando un poco en el tema, parece ser, que se facilita el conteo, si se introduce el concepto de producción por cuadra y además posteriormente, al diseñar las rutas, se le asigna a cada camión recolector, un número de cuadras determinado por su producción de basura.

¿Cuál sistema es mejor?. Depende de la población ó de la ciudad; si se facilita contar, por ejemplo, viviendas se debe hacer así y después con la proporción de viviendas por cuadra y de habitantes por vivienda calcular las otras relaciones.

La experiencia de los autores muestra que es más aconsejable tomar como unidad de muestreo la vivienda.

De los estudios hechos en Colombia se desprende que existe una componente de la producción de basura originada por la sola presencia de la vivienda y que de este punto inicial la basura es proporcional al número de habitantes.

Para la mayoría de las poblaciones en Colombia es posible afirmar que la relación usuario/vivienda es aproximadamente 1 y que el número de habitantes por vivienda es relativamente constante, por sectores geográficos de la población. Esta afirmación puede comprobarse consultando los informes demográficos y de viviendas suministrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Conociendo estos datos, es posible entonces calcular, a partir de la producción diaria por vivienda (ppv), dada en kilogramos/vivienda-día, la producción diaria por habitante (pph) en kilogramos, ó cualquier otro parámetro de interés.

Algunas ciudades ó poblaciones, ya organizadas y con recursos suficientes, pueden conocer estos datos fácilmente, pesando la basura que se ha recolectado en un día determinado y contando el número de viviendas que la produjeron; en otras circunstancias no se dispone del equipo, ni de los recursos para hacer el conteo directo.

De todas maneras la cuestión se reduce a encontrar la relación:

$$R = \frac{Y}{X}$$

Siendo:

R = ppv (producción por vivienda)

Y = Cantidad total de basura en peso (kilogramos) producida en un día por una población de viviendas X .

X = Número de viviendas que en un día produjeron Y cantidad de basura.

R puede entonces calcularse conociendo la cantidad total de basura Y producida en un día determinado en una población y el número de viviendas X que la producen, ó también mediante un muestreo de la población en el cual se obtienen los diferentes valores de las cantidades (Y) de basura que producen cada una de las X viviendas; a cada vivienda corresponde un y . Como Y es una variable que estará sujeta al azar, " r " (la estimación de R) lo estará igualmente. Esto permite aplicar métodos de probabilidad y estadística a la medida encontrada.

2.2.1. METODOLOGIA DEL MUESTREO

La metodología seguirá los pasos necesarios para estimar R mediante un muestreo aleatorio, que se repetirá varias veces durante diferentes días de la semana y épocas del año con el fin de eliminar la influencia del tiempo.

Toda empresa de Aseo debe tener un departamento ó sección que mantenga actualizado la información sobre R . Sin embargo cuando es necesario hacer un muestreo en un momento dado, no debe ser menor de una semana para tener alguna idea de las variaciones diarias; debe tenerse en cuenta que la producción de basura es variable dentro de los días de la semana; dentro del mes y dentro de los meses. En el capítulo primero se dijo que la basura aumenta su R con el tiempo; es decir la producción de la basura no es estática y debe conocerse su movimiento para adecuar los recursos con los que se maneja el problema.

Algunas consideraciones de importancia que deben tomarse en cuenta para la realización del muestreo se enuncian a continuación.

2.2.2. POBLACION BAJO MUESTREO

Como población se denomina el conjunto del cual se ha de tomar la muestra y en este caso será aquella a la cual se preste el servicio definida por estratos, de acuerdo con lo expresado anteriormente. De esta población, se obtendrá el conjunto de todas las unidades muestrales, y sólo sobre ella se hará la inferencia. En este caso, la población estará constituida por un sector residencial de una comunidad, diferenciándola de otros sectores residenciales y de los sectores industriales y comerciales, que pueden ser objeto de otros muestreos. Es por tanto necesario hacer uso de un mapa o de un listado donde estén muy bien definidas todas las unidades muestrales.

2.2.3. UNIDADES DE MUESTREO

Previo a la selección de la muestra, la población debe ser dividida en partes que son llamadas "unidades de muestreo". Estas unidades deben cubrir la totalidad de la población y no deben superponerse, es decir, todo elemento de la población deberá pertenecer a una y solamente a una unidad.

Existen varias posibilidades para escoger la unidad de muestreo: pueden ser las personas tomadas aisladamente, los miembros de una familia, las personas que viven en una cuadra, en una manzana ó en un barrio. Sin embargo, es mucho más conveniente tomar como unidad a todas las personas que habitan una vivienda por ser éste el elemento al cual, en primera instancia, se presta el servicio, pero esto no excluye la posibilidad de manejar otro tipo de unidad. Todo dependerá de los recursos y facilidades disponibles.

2.2.4. SELECCION DE LA MUESTRA

Existen dos métodos básicos para el muestreo: el muestreo simplemente aleatorio y el muestreo sistemático. En ambos casos es necesario disponer de un mapa o de un listado donde se registren todas las unidades muestrales y numeradas desde el 1 hasta N , siendo N el número total de unidades muestrales.

- Muestreo Simplemente Aleatorio.

El Muestreo Simplemente Aleatorio es un método de selección de unidades tomadas de un total de N , de tal forma que cada una de las muestras posibles tenga la misma oportunidad de ser escogida.

En la práctica, una muestra simple al azar es escogida unidad por unidad. Las unidades de la población son numeradas de 1 a N como se indicó antes. A continuación, se escoge una serie de números al azar entre 1 y N , ya sea por medio de una tabla de números aleatorios, ya sea por medio de una máquina calculadora que utilice este programa, ó bien introduciendo los números 1 al N en una urna, mezclándolos debidamente y tomando al azar n de ellos. Las unidades que lleven los números obtenidos constituyen la muestra.

- Muestreo Sistemático.

Este método supone otra vez las N unidades en la población que se numeran de 1 a N en algún orden.

Para seleccionar una muestra de n unidades, se calcula un $k = N/n$, y se toma una unidad al azar de las primeras k unidades. De allí en adelante cada unidad será la anterior más k . Por ejemplo, si $k=20$ y la primera unidad tomada es el número 11, las unidades siguientes serán la número 31, 51, 71, y así sucesivamente.

Las ventajas de éste último método sobre el muestreo simple aleatorio son las siguientes:

- * Es más fácil de obtener la muestra y a menudo más fácil de ejecutar sin errores.

- * El muestreo sistemático es más confiable en su resultado que el muestreo simple aleatorio. En efecto, estratifica la población en n estratos los cuales corresponden al valor escogido entre las primeras k unidades, las segundas k unidades y así sucesivamente. Esto hace que cada muestra se distribuya más uniformemente entre la población y tome en cuenta sus variaciones.

Se puede afirmar que el muestreo sistemático es preciso cuando las unidades dentro de una misma muestra son heterogéneas y es impreciso cuando son homogéneas.

Esta afirmación se puede explicar, porque si existe poca variación de los elementos en una muestra sistemática en relación con la variación de la población, las unidades sucesivas en la muestra repiten más ó menos la misma información. Esto es factible que se presente en poblaciones que tienen variaciones cíclicas, como puede suceder si k es tal que las unidades tomadas sean las de las esquinas en donde generalmente existen viviendas con mezcla de usos entre residencial y comercial ó en una urbanización nueva que ha sido construída con módulos periódicos.

2.2.5. TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra es función:

- De la variación de la variable dentro de la población, porque si ésta es totalmente homogénea bastará una muestra muy pequeña para conocerla y si es muy heterogénea la muestra debía ser muy grande.
- De la precisión de los resultados que se desee obtener.
- Del grado de certeza que se decida aceptar.

La variación de la variable dentro de la población generalmente no se conoce y es necesario hacer algunas aproximaciones.

La precisión de los resultados estará sujeta al criterio de quien requiera la información y finalmente el grado de certeza, se acepta comunmente como 95%.

Así, n , el tamaño de la muestra estará definido por

$$n = \frac{Nxt^2xS^2}{Nxd^2 + t^2xS^2}$$

En donde:

t^2 = Factor que para n mayor o igual a 30 y con 95% de certeza puede tomarse igual a 2.

S^2 = Estimación de la variación de la variable dentro de la población.

N = Tamaño de la población, en unidades muestrales.

d = Margen de error aceptado y que para efectos prácticos puede tomarse entre 0,10 a 0,50 kilogramos/vivienda-día.

El valor de S^2 se puede estimar usando diferentes métodos:

- Haciendo un muestreo preliminar y estimando de él, el valor de S^2 como la varianza de la variable dentro de la población.
- Utilizando estimaciones que se hayan encontrado en otros estudios, tratando de usar aquellos que guarden similitud con el problema en ejecución.

El método más aconsejable es el primero, aun cuando lógicamente es el más costoso y demorado.

De experiencias que se tienen hasta el momento se puede establecer que la varianza de la producción por vivienda y por día en Colombia varía de 0,50 a 4,00.

Se recomienda en cualquier caso que n sea mayor ó igual que 30.

Cuando se estima que N es grande en comparación con n (la relación n/N mayor ó igual que 0,05) se puede tomar como una primera aproximación de n la relación:

$$n = \frac{t^2 \times S^2}{d^2}$$

lo cual implica que para poblaciones grandes, el tamaño de élla no interviene en la determinación del tamaño de la muestra.

Ejemplo: Se está determinando la producción diaria por vivienda de residuos sólidos en una zona urbana de una ciudad. Se decidió que la unidad de muestreo fuera la vivienda de las cuales existen 418. Por experiencia en la misma ciudad se ha estimado que el valor esperado de S^2 es de 2,00. El Ingeniero encargado del servicio estima que en esa zona el valor promedio de R está alrededor de 3,0 kg/vivienda-día y que no le importa si al final resulta entre 3,20 a 2,80 kg/vivienda-día. Se requiere estimar el verdadero valor de R con probabilidad de 1 en 20 de equivocarse. ¿Qué tamaño de muestra se deberá tomar?

De los datos consignados se tiene:

$$d = (3,20 - 2,80) \text{ kg/vivienda-día} = 0,40 \text{ kg/vivienda-día.}$$

$$S^2 = 2,00$$

$$t = 2 \text{ con el 95\% de certeza.}$$

Una primera aproximación será:

$$n = \frac{t^2 \times S^2}{d^2} = \frac{4 \times 4,00}{0,16} = 100 \text{ unidades}$$

Dado que $n/N = 100/418 = 0,24 > 0,05$ es necesario corregir n

$$n = \frac{418 \times 4 \times 4,00}{418 \times 0,16 + 4 \times 4,00} = 80 \text{ unidades muestrales}$$

2.2.6. RESUMEN Y ANALISIS DE LOS DATOS

Una vez determinada la muestra es necesario obtener la información deseada. En cada una de las viviendas y simultáneamente, ha de conocerse la basura producida (Y_i). La forma en que ésto se lleva a cabo es una cuestión que se deja a la imaginación de cada cual, no olvidando que la medición ha de abarcar un período conocido, preferiblemente de un día o de días enteros.

Finalmente tendremos una situación similar a la presentada en el Cuadro # 2-1

CUADRO # 2-1
 PRODUCCION DE BASURA POR VIVIENDA
 CUADRO MODELO

VIVIENDA NUMERO	NUMERO DE PERSONAS X_i	BASURA PRODUCIDA Y_i (KG)
1	X_1	Y_1
2	X_2	Y_2
.
i	X_i	Y_i
.
n	X_n	Y_n
TOTALES	ΣX_i	ΣY_i

Entonces:

$$r = \frac{\Sigma Y_i}{n}$$

$$V_r = \frac{\Sigma (Y_i - r)^2}{(n-1)n}$$

$$EE_r = V_r^{1/2}$$

Para medir la bondad de r es necesario calcular su varianza (medida de la dispersión de los datos alrededor del promedio) y calcular también el Error Estandar (EE).

Para el cálculo de la varianza se utilizará la expresión para el muestreo aleatorio simple. Cuando el muestreo es sistemático la expresión es más compleja pero sus resultados numéricos son menores que los calculados para el muestreo aleatorio.

De cualquier manera, con una buena máquina calculadora se conoce fácilmente la varianza. El EE está dado simplemente como la raíz cuadrada de la varianza.

Cuando se lleva a cabo un solo muestreo no se tienen en cuenta las variaciones propias de la producción de basuras con el tiempo, incluso dentro de una misma semana. Para obviar este inconveniente se recomienda realizar varios muestreos, como se anotó anteriormente, todos del mismo tamaño y en días diferentes con las mismas unidades muestrales iniciales procurando así disminuir el efecto de la variación en el tiempo. Cada muestreo irá asociado a una estimación de r , con una varianza y error estandar respectivamente estimados. Así, si se llevan a cabo m muestreos se podrá conformar una tabla como la indicada en el Cuadro # 2-2

CUADRO # 2-2
CALCULO DE LA PRODUCCION DE BASURA POR VIVIENDA

MUESTREO	ESTIMACION DE R	VARIANZA ESTIMADA	ERROR ESTANDAR ESTIMADO
1	r_1	$V(r_1)$	$EE(r_1)$
2	r_2	$V(r_2)$	$EE(r_2)$
3	r_3	$V(r_3)$	$EE(r_3)$
.
.
m	r_m	$V(r_m)$	$EE(r_m)$

Una mejor estimación con muestras de igual tamaño se obtendrá ahora de sus promedios. Entonces:

$$\bar{r} = \frac{\sum r_i}{m}$$

$$V_{\bar{r}} = \frac{\sum V_i}{m}$$

$$EE_{\bar{r}} = V_{\bar{r}}^{1/2}$$

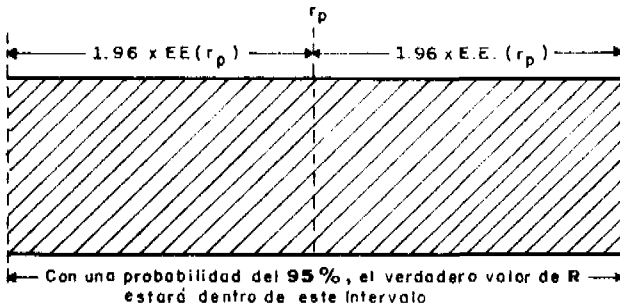
2.2.7 CONSTRUCCION DEL INTERVALO CONFIDENCIAL

Una vez obtenidos los promedios de r , V , y EE_n , se puede construir un intervalo confidencial del cual se puede afirmar que, con una probabilidad del 95%, la verdadera medida de R estará dentro del intervalo construido. Los límites del intervalo son:

$$\bar{r} + 1,96 \times EE_{\bar{r}}$$

$$\bar{r} - 1,96 \times EE_{\bar{r}}$$

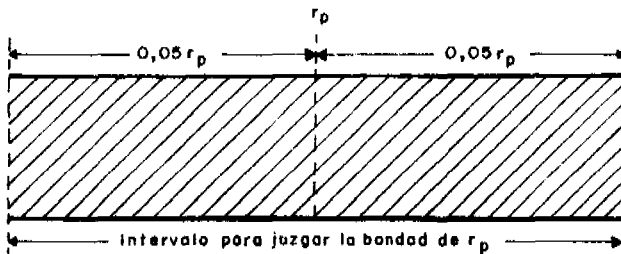
y gráficamente se representa como:



2.2.8 ACEPTACION O RECHAZO DE LA ESTIMACION

El criterio que permite juzgar la estimación encontrada está basado en hasta cuánto error pueda permitirse en tal forma que no ocasione problemas dentro del servicio que maneja las basuras. Este criterio ya había sido usado cuando se definió d , el ancho del intervalo que se permitía en la estimación. Un valor aceptable de d está en el rango de 5% a 10% de r promedio, sin que esto afecte en grado importante los cálculos posteriores sobre el servicio de manejo de las basuras.

Se puede construir entonces otro intervalo que será el que nos permite juzgar a r promedio y que estará construido con límites del promedio de r mas ó menos 0,05 del mismo promedio; gráficamente se representa así:



Si los límites del intervalo de confianza están dentro del de aceptación la estimación del promedio de r será aceptable y se procederá a trabajar con ella. En caso contrario será rechazada. Esta última condición hace necesario repetir la medición, caso en el cual existen dos alternativas a seguir:

- Aumentar el tamaño de la muestra; a medida que ésta aumenta la varianza tiende a disminuir, aún cuando no proporcionalmente.
- Revisar y refinar los instrumentos de medición. Es posible que se cometan errores al medir los diferentes Y_j .

La producción total de basura en kilogramos/día en la zona o estrato será el producto de la \bar{r} promedio multiplicada por el número de viviendas correspondiente.

Generalmente este número está determinado por las oficinas de estadística oficiales (DANE) ó por las oficinas de Planeación. Si este dato no está disponible será siempre posible determinar en terreno, ya sea mediante un censo o por cualquier método de muestreo.

Esta última condición es la que hace atractiva la determinación de la producción por vivienda en lugar de la producción por habitante. Simplemente es más fácil contar viviendas ó edificaciones que personas, sobre todo en poblaciones grandes.

De otra parte, los autores han encontrado que existe una componente de producción ocasionada por el sólo hecho de existir la vivienda, independiente del número de personas que la habitan. O sea que se establece una relación del tipo:

$$Y=A+Bx$$

en donde Y es la producción por vivienda, B la producción unitaria por persona y x el número de personas que habitan la vivienda.

El término A se pierde cuando la determinación se hace en términos de B y la medición de la producción total de basura residencial resulta equivocada por defecto.

La suma de la basura producida por cada zona ó estrato dará la cantidad total de basura residencial. Si a ésta se le suma la basura de tipo comercial, la industrial y la producida por el barrido y limpieza de vías y zonas verdes, dará la basura total producida por día.

Esta cantidad ó cualesquiera de sus componentes, dividida por el total de la población dará la conocida producción por habitante (pph), parámetro que puede ser utilizado para efectos de comparación y para proyectar cantidades en años futuros.

La metodología descrita puede ser utilizada para encontrar la producción, utilizando como unidad muestral otras entidades, como la cuadra, la manzana u otra que a juicio del responsable sea útil.

Es además claro que los métodos aquí numerados no son

únicos y que a cada problema particular deberá darse una solución particular, haciendo las modificaciones que sean necesarias.

2.2.9 PRODUCCION FUTURA

Para propósitos de diseño, interesa conocer la producción de basura, en tiempos definidos. Esto se puede lograr mediante la utilización del pph y la proyección de población.

Existen muchos métodos para encontrar cuál es la población futura, y ellos están suficientemente referenciados en los textos de ingeniería sanitaria.

Al calcular la producción futura no debe olvidarse que la pph tiende a crecer con el tiempo a medida que crece la población. En un futuro con las series históricas se podrá calcular el crecimiento de la pph ó de la ppv. Mientras tanto, los autores de este texto recomiendan utilizar entre 0,5% a 1% anual, de tal manera, que las poblaciones pequeñas tengan un bajo crecimiento del pph y las grandes tiendan a 1%.

Nuevamente se insiste en que para manejar más fácilmente el problema, las estimaciones de producción futura deberán hacerse por zonas de producción de basuras y que la suma de éstas dará la proyección global.

2.3 COMPOSICION

La composición de la basura, tanto física como química, se establece de acuerdo con las posibles alternativas factibles de manejo y disposición final.

Esto es importante recordarlo para no caer en el error de realizar esfuerzos para lograr una información que no se utilizará posteriormente.

Existen muchas maneras de clasificar la basura, lógicamente unas mejores que otras; básicamente es necesario llegar a un acuerdo nacional e internacional para que los estudios y las soluciones sean comparables entre distintas ciudades y entre la misma ciudad pero en tiempos diferentes.

Al igual que la producción, en ocasiones es importante conocer la composición por sectores ya que las características de las basuras determinarán a su vez las características de la recolección y del transporte. La composición total, necesaria para las operaciones de disposición final, podrá ser obtenida mediante la integración de las composiciones parciales.

Sin embargo, otra vez se hace énfasis en que esta información se debe buscar numéricamente si se le ha de dar alguna utilidad real.

2.3.1 COMPOSICION FISICA

No existe una norma definida sobre la clasificación física de los residuos sólidos, pero ella debe adecuarse a las necesidades locales. Normalmente se estudia la composición física por porcentaje en peso.

Una clasificación física general de los desechos sólidos podría ser la consignada en los once puntos siguientes que aunque no es de uso actual, parece ser muy apropiada para un próximo futuro:

-
- 1 Desechos de alimentos
 - 2 Papel
 - 3 Cartón
 - 4 Plásticos
 - 5 Textiles
 - 6 Caucho
 - 7 Madera
 - 8 Vidrio
 - 9 Metales ferrosos
 - 10 Metales no ferrosos
 - 11 Otros
-

La clasificación más utilizada actualmente en Colombia es la siguiente:

Desechos de alimentos
Papel y cartón
Plásticos
Textiles
Caucho
Madera
Vidrio
Metales ferrosos y no ferrosos
Huesos
Poda
Otros

Otra es la recomendada por la American Public Works Association y que se relaciona a continuación

Empaques
Botellas
Metales ferrosos
Metales no ferrosos
Textiles
Papel
Plásticos, cuero y caucho
Madera y ramas
Residuos de comida y poda
Ladrillos, piedras, polvo

De otra parte, es posible hacer cualquier clasificación. Así, si se está interesado en recuperar metales ferrosos, la clasificación perfectamente puede ser:

Metales Ferrosos
Otros

No existen métodos oficiales de tipo estadístico para lograr una estimación de la composición física.

Debido a la heterogeneidad de la basura, una muestra puntual, es decir, una muestra aislada en el espacio y en el tiempo no es representativa de los residuos de una población, lo cual obliga a mantener un programa continuo para determinar tanto la producción como la composición de los residuos sólidos.

La técnica estadística utilizada en un muestreo para la caracterización física de las basuras puede ser la indicada para el muestreo de proporciones

$$n = z^2 \frac{pq}{d^2}$$

siendo:

n = tamaño de la muestra en unidades de peso

z = factor de la distribución normal, que puede tomarse igual a 2,0

p = proporción del total que posee la característica deseada

q = proporción del total que no posee la característica deseada

d = precisión deseada en la proporción. Para efectos de muestreo en basura, es razonable un valor del 2,5% (0,025)

Ejemplo: Se desea calcular con el 95% de confiabilidad y una precisión total del 2,5%, en la medición, el tamaño de la muestra para la composición física, en una ciudad que entrega diariamente 310 camiones al Relleno Sanitario con un promedio de 6,67 toneladas/camión. De estudios anteriores se conoce que la composición física es aproximadamente la siguiente:

Putrescibles	65,3% en peso
Papel y cartón . . .	22,3% en peso
Textiles	3,1% en peso
Plástico	3,0% en peso
Metales	1,5% en peso
Vidrios y similares	1,3% en peso
Huesos	0,4% en peso
Cenizas y escoria	0,2% en peso
Otros	2,9% en peso

Con la base anterior, podemos calcular q que está dada por la fórmula:

$$q = 1 - p$$

y también calcular n para componente, con los siguientes resultados:

COMPONENTE	q	p	n kilogramos
Putrescibles	0,347	0,653	1.450
Papel y Cartón	0,777	0,223	1.109
Textiles	0,969	0,031	192
Plásticos	0,970	0,030	186
Metales	0,985	0,015	95
Vidrios y similares	0,987	0,013	82
Huesos	0,960	0,040	246
Ceniza y escoria	0,980	0,020	125
Otros	0,971	0,029	180

Dentro de todos estos resultados existen dos posibilidades:

- Escoger el mayor, dado que dará la precisión deseada para la proporción correspondiente y una precisión mucho mayor para los demás ó
- Escoger aquella muestra correspondiente a la proporción que más interese.

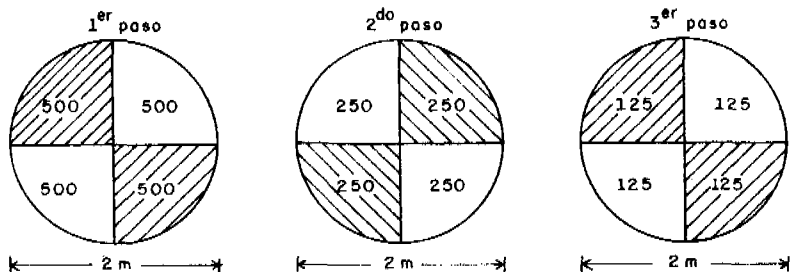
De todas maneras, y dado que la determinación se hace por sectores, es posible tomar la muestra de la basura que llega en un vehículo proveniente del sector respectivo. La estimación del peso a tomar se puede hacer aproximadamente, de acuerdo con la capacidad de carga del vehículo.

Para ello, se vacía todo el contenido del vehículo en un sitio con piso firme y limpio. Ya sea manual ó mecánicamente, se voltea sucesivamente hasta hacer homogénea la mezcla; se aglutina formando un círculo de diámetro aproximado de 4 metros y se divide en cuatro partes iguales, tal como se indica en la figura # 2-3.

Se escogen dos cuartos opuestos y se repite la operación hasta obtener el peso deseado (determinado según la expresión para n).

Una vez obtenido el peso a muestrear, manualmente se seleccionan los materiales y se colocan en recipientes separados, previamente tarados, hasta terminar con la muestra.

FIGURA # 2-3
TOMA DE MUESTRA PARA ANALISIS FISICO



Cada recipiente, que contiene los elementos que correspondan a la clasificación, se pesa y por diferencia se conocerá el peso del componente. La proporción se calculará como (en términos de porcentaje):

$$P = \frac{W_i}{\sum W_i} \times 100$$

donde:

W_i = peso de cada componente

En el Cuadro # 2-4 se muestran algunos resultados de muestreos efectuados.

Junto con la determinación de la composición física de la basura, es posible también determinar el peso específico, medido en unidades de peso por unidad de volumen, tanto de cada uno de los componentes como de la muestra en conjunto.

2.3.2 COMPOSICION QUIMICA

Conocer la composición química de los residuos sólidos es fundamental para aceptar ó rechazar un tratamiento con el que puedan ser procesadas las basuras en la actualidad ó en el futuro. Pero nuevamente se recalca que esta información será de interés únicamente si posteriormente es utilizada.

Igual que en la composición física, tampoco existe una norma oficial para la toma de la muestra ni para efectuar los correspondientes análisis químicos.

Para la toma de la muestra se puede seguir el mismo proceso de cuarteo indicado en los análisis físicos hasta llegar aproximadamente a 250 kilogramos (pueden ser los 250 kilogramos que sobran del último cuarteo para el análisis físico), se trituran de tal manera que pasen por un tamiz con malla de cuatro centímetros y se continúa el cuarteo previa homogenización hasta tener una muestra de aproximadamente 2 kilogramos. Se anota que los elementos que no pasen por el tamiz de 4 centímetros y que no trituren se desechan en el presente método.

El proceso de toma de muestra y de trituración debe hacerse lo más rápidamente posible para evitar variaciones de la humedad.

CUADRO # 2-4
COMPOSICION FISICA DE RESIDUOS SOLIDOS
Porcentaje en Peso

ELEMENTO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Residuos Alimentos	50	37	15	59	32	45	49
Papel y Cartón	30	23	44	10	16	30	13
Plásticos	2	9	3	8	11	2	5
Textiles	<1	4	2	2	5	5	2
Caucho	<1	4	1	*	*	*	5
Madera	1	5	2	5	6	2	3
Vidrio	3	8	8	2	14	2	12
Metales	<1	5	9	2	7	3	7
Otros	13	5	4	10	9	11	4
Poda	*	*	12	2	*	*	*
TOTALES	100	100	100	100	100	100	100

* Comprendido en Otros

FUENTES: (1) COLOMBIA: MINISTERIO DE SALUD, Dirección de Saneamiento. Programa Nacional de Aseo Urbano, Bogotá, 1975

(2) COLOMBIA: PIRS, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Manejo de la Basura en los Municipios Colombianos, Bogotá, 1989.

(3) USA: TCHOBANOGLIOUS, George. THEISEN, Hilary. ELIASSEN, Rolf. Solid Wastes. Mc Graw Hill Book Company. 1977

(4) GUAYAQUIL: COLLAZOS P. Héctor, Relleno Sanitario Las Iguanas, M.I. Municipalidad de Guayaquil, Ecuador, 1992

(5) CUCUTA: COLLAZOS P. Héctor, Relleno Sanitario Guaymarala, Proyecto Atención Primaria en Salud, Servicio de Salud de Norte de Santander y GTZ, 1991

(6) IPIALES: COLLAZOS P. Héctor, Relleno Sanitario, Empresas Municipales de Ipiales, 1992

(7) VILLAVICENCIO: COLLAZOS P. Héctor, Relleno Sanitario, Alcaldía Municipal, 1991.

Una vez preparada la muestra, se empaca en un depósito fuerte y se envía al laboratorio. En éste se toman aproximadamente 50 gramos de la muestra, se le añade un peso igual de agua destilada exenta de CO_2 , se agita y se determina el pH por los métodos clásicos; al excedente de la muestra se le determina la humedad y se tritura hasta que pase toda por el tamiz de malla de 1 milímetro. Todas las pruebas posteriores deben efectuarse previo secado a peso constante.

Los análisis químicos mas comúnmente utilizados son: humedad, pH, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y poder calorífico.

Concretamente para el diseño de incineradores, es necesario conocer el poder calorífico inferior de los residuos sólidos, que debe ser mínimo de 1.000 kcal/kg para incinerar sin combustible auxiliar y de 1.500 kcal/kg para poder recuperar energía.

El poder calorífico de los residuos sólidos se puede calcular en el laboratorio por los métodos clásicos, es decir convirtiendo la cantidad en peso de la basura en capacidad de producción de energía calorífica, utilizando un calorímetro adiabático como por ejemplo la bomba de Mahler o de Parró también se puede calcular aproximadamente sumando los poderes caloríficos de sus componentes de acuerdo con su composición física en peso. Aproximadamente los valores del poder calorífico de los componentes de los residuos son:

- a) Papel y Cartón 4.000 kcal/kg
- b) Textiles 4.000 kcal/kg
- c) Madera y follaje 4.000 kcal/kg
- d) Desechos de alimentos . . 4.000 kcal/kg
- e) Plástico, caucho y cuero . 9.000 kcal/kg

Se supone que los otros componentes normales de la basura no aportan poder calorífico. Además se supone que toda la humedad la contienen los componentes a, b, c y d.

Aproximadamente, el poder calorífico será en kcal/kg:

$$Pc = 4.000 \frac{(a+b+c+d-humedad)}{100} + \frac{9.000 e}{100}$$

$$Pc = 40 (a+b+c+d-humedad) + 90 e$$

Donde *a*, *b*, *c*, *d*, *e* y la *humedad* deberán expresarse como composición física porcentual de la basura, en peso.

Otro método aproximado para calcular el poder calorífico de los residuos consiste en hacerlo a partir de contenido en porcentaje de Carbono (*C*), Hidrógeno (*H*), Oxígeno (*O*) y Azufre (*S*).

$$Pc \text{ (Kg/Kcal)} = 80,8C + 344,5 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 22,3S$$

El poder calorífico inferior (Pc) está dado por la expresión:

$$Pc_i = Pc - \frac{\text{Humedad}}{100} \times 600 = Pc - 6 (\text{humedad})$$

Para tratar la basura por métodos biológicos como el compost, es necesario conocer la relación C/N que debe ser de 10 a 25, con un alto contenido en materia orgánica para que el producto final sea de buena calidad; por la misma razón, la relación Demanda Bioquímica de Oxígeno/Demanda Química de Oxígeno debe ser aproximadamente 1,5.

Con fines comparativos en el Cuadro # 2-5 se muestra la Composición química de los Residuos Sólidos en Bogotá y en Cúcuta.

CUADRO # 2-5
COMPOSICION QUIMICA DE RESIDUOS SOLIDOS
 Porcentaje en Peso
 VARIAS CIUDADES
 Años Indicados

COMPONENTE	BOGOTA 1979	CUCUTA 1980
Humedad %	72	55
Carbono %	41	34
Nitrógeno %	1,6	0,7
C/N	26	49
Ceniza %	26	39
Potasio%	1,7	1,2
Pc (Kcal/Kg)	3.391	2.765
Pci (Kcal/Kg)	2.959	2.434
Fósforo %	**	0,5
pH en susp. al 10%	**	6,2

FUENTES: BOGOTA

Secretaría de Salud de Bogotá, Empresa Distrital de Servicios Públicos. Estudio de Aseo Urbano. 1979.
 INSFOPAL 1981

CUCUTA

* Calculada como $Pci = Pc - 6(\text{humedad})$

** Sin información

2.3.3 PESO ESPECIFICO

El Peso Específico de los residuos sólidos es de primordial importancia, ya que esta medida define las relaciones entre el peso y el volumen de los residuos sólidos que se han de manejar y por tanto se utiliza para definir criterios como volúmenes de recipientes para almacenamiento domiciliario, comercial ó industrial; volúmenes de recipientes para recolección; especificaciones de los equipos para recolección y transporte, necesidades de equipos en sitios de disposición final y capacidad del relleno sanitario.

Por las razones anteriores y atendiendo las diferentes posibilidades de manejo, se requieren:

- Peso específico de la basura, tal como se presenta para recolección.
- Peso específico de la basura en los vehículos de recolección
- Peso específico de la basura al ser entregada al sistema de disposición final.
- Peso específico de la basura colocada finalmente en el sitio de disposición final.

Estas mediciones han de ser efectuadas en el sitio en donde ocurren y todas se fundamentan sobre la medición del peso que tienen los residuos en un volumen determinado. Aún cuando no existen métodos normalizados para hacer la determinación, la recomendación más importante es la de disturbar lo menos posible el volumen original ocupado por la muestra que va a ser medida.

Así, por ejemplo, el peso específico de la basura dentro de los vehículos de recolección puede ser determinado midiendo cuidadosamente el volumen que realmente ocupen los residuos dentro del vehículo y pesando éste con basura y sin basura.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PUBLIC WORKS ASSOCIATION. Tratamiento de los residuos urbanos. Con la colaboración del Bureau of Solid Waste Management. Ministerio de Sanidad, Educación y Bienestar de los EEUU. Instituto de Estudios de administración local. Madrid, 1976.

COCHRAN, William. Técnicas de muestreo. CECSA, México, 1971.

COLOMBIA. Ministerio de Salud. Dirección de Saneamiento. Programa Nacional de Aseo Urbano (PRONASU), Bogotá, 1975.

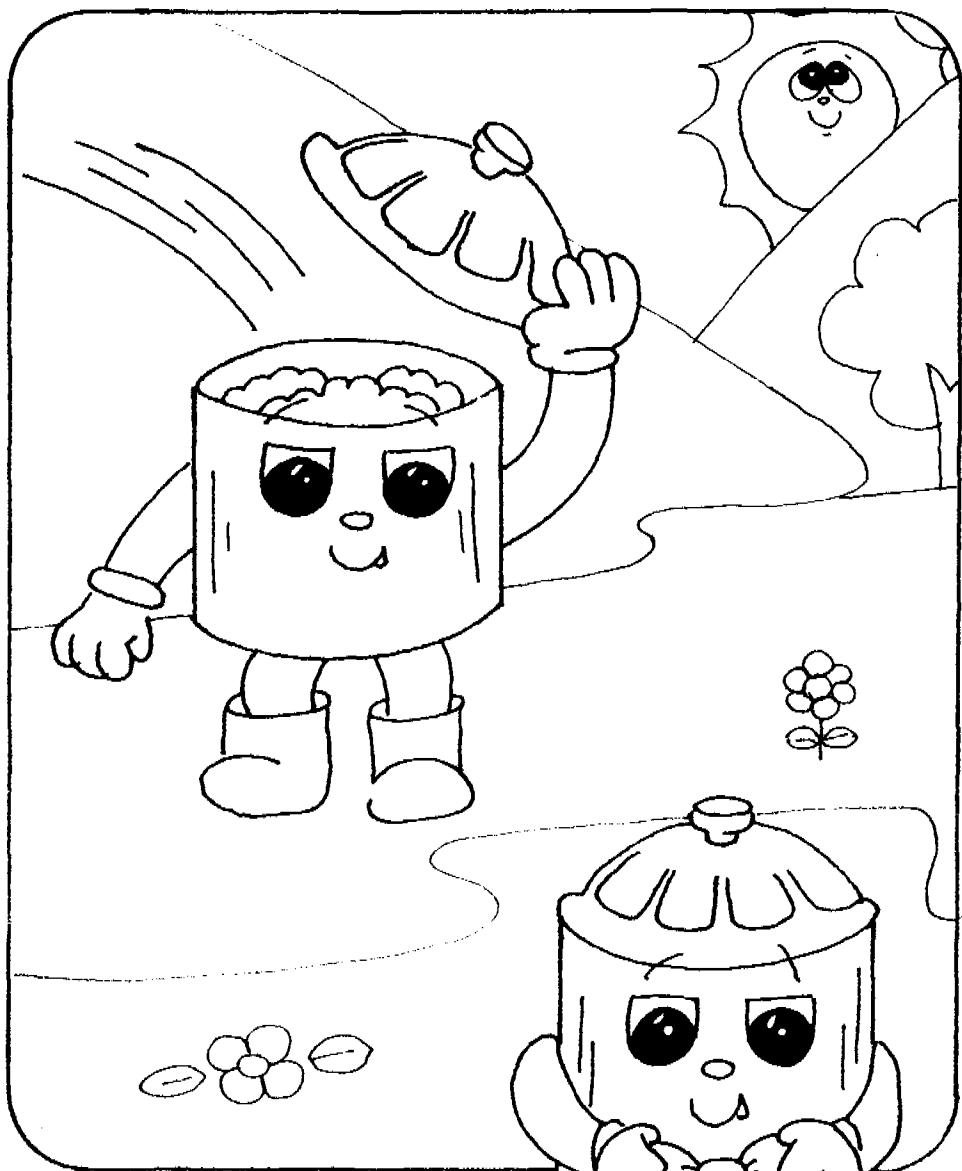
FAYAD, Camel. Estadística Médica y de Salud Pública; Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela, 1970.

INSFOPAL. Estudio de Aseo Urbano de Cúcuta. 1981. PIRS. Manejo de las Basuras en los Municipios Colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Investigación sobre Residuos Sólidos, Bogotá. 1989

SAKURAI, Kunitoshi. OPS/OMS. Notas Técnicas. Método sencillo del análisis de la basura. Lima, 1981.

TCHOBANOGLIOUS, George. THEISEN, Hilary. ELIASSEN, Rolf. Solid Wastes. Mc Graw Hill Book Company. 1977.

WAYNE, Daniel. Bioestadística; base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa, México, 1977.



CAPITULO TERCERO

ALMACENAMIENTO Y PRESENTACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

CAPITULO TERCERO ALMACENAMIENTO Y PRESENTACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

El almacenamiento de la basura es la operación con la cual se inicia el proceso del manejo de los residuos sólidos. No es función directa de la empresa que presta el servicio, pero de su buena operación depende la estética de la vivienda, oficina o industria; la erradicación de insectos y roedores; la eliminación de olores y la eficiencia de la recolección, entre otros.

La presentación de la basura es la operación de sacar los residuos sólidos del lugar donde se almacenan y dejarlos en el sitio donde los debe recoger la empresa que presta el servicio; el tiempo de la presentación debe ser mínimo; según la legislación colombiana la responsabilidad sobre el manejo de la basura pasa a ser de la empresa que la recoge en el momento en que se presentan.

El almacenamiento y la presentación constituyen puntos de contacto directo entre el usuario y la empresa que recolecta las basuras y en donde, de llegarse a un acuerdo, es posible disminuir en forma importante el costo del servicio, debido a un aumento en la velocidad de la recolección. Para esto es necesario que exista uniformidad sobre los recipientes de almacenamiento, que deben cumplir, entre otros, con los siguientes requisitos:

- En el interior de la vivienda o edificación:
 - * No permitir el acceso directo de animales.
 - * No permitir la difusión de olores.
 - * Proteger la vivienda o edificio de la proliferación de moscas, ratones o vectores similares.
 - * Presentar un aspecto estético agradable.
 - * No requerir demasiado mantenimiento.
 - * Ser durable.

- En el exterior, para presentación al servicio de recolección:
 - * Ser resistente a la manipulación.
 - * No permitir el acceso directo de animales a su contenido.
 - * No exceder un peso determinado, con el fin de facilitar su manejo por el personal de recolección.
 - * Permitir su fácil manejo, especialmente las operaciones de levante, transporte manual y vaciado.
 - * Facilitar el rendimiento del personal de recolección.
 - * Permitir el fácil acceso para la empresa

3.1 TAMAÑO DE LOS RECIPIENTES

El tamaño de los recipientes para almacenar las basuras es función de la producción unitaria y de la frecuencia de recolección.

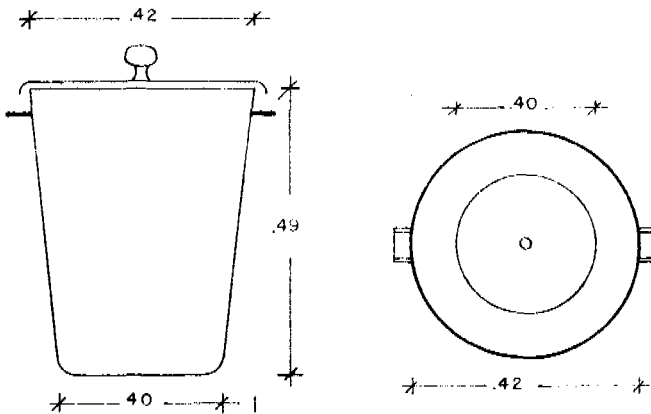
Para una familia típica colombiana que puede producir en promedio 4,2 kilogramos en un día, con una recolección de 2 veces por semana y con un peso específico de la basura de 330 kilogramos por metro cúbico, el volumen necesario para almacenarla en un período de recolección máxima de cuatro días, será:

$$\text{Volumen} = [4,2 \times 4] / 0,33 = 51 \text{ litros}$$

Es posible así tomar como diseño típico un recipiente con un 25% más de capacidad, para atender el día de máxima demanda y de las características mostradas en la Figura # 3-1, el cual tiene un volumen de 65 litros, con una sección transversal variable, lo cual permite el fácil vaciado de la basura.

Un recipiente de esta naturaleza contendrá como máximo 25 kilogramos de basura, el cual cumple con las especificaciones que se dan a continuación.

FIGURA # 3-1
RECIPIENTE TIPO
Dimensiones en centímetros, sin escala



3.2 PESO MAXIMO PERMITIDO

Por razones de salud preventiva del trabajador, no se debe permitir recipientes, para ser manejados manualmente por una persona, con pesos mayores de 25 kilogramos; este peso podrá ser aumentado hasta 50 kilogramos, para recipientes que deban ser manejados por, dos obreros.

No se debe permitir la presentación de recipientes de mayor peso, porque de hacerlo pondrán en grave riesgo la salud de los obreros recolectores o harán necesario adquirir equipos especiales.

Los recipientes de 50 kilogramos podrán tener un volumen para basura de aproximadamente 140 litros, equivalentes a 46 kilogramos de basura, quedando una holgura de 4 kilogramos para el recipiente vacío.

En el caso de los recipientes convencionales de 25 kilogramos, el peso del recipiente vacío podrá ser máximo de 3 kilogramos.

3.3 MATERIALES RECOMENDABLES

De acuerdo con las especificaciones enunciadas, los materiales de los recipientes para basura pueden ser: metálicos, de aluminio o latón y no metálicos, de plástico o cartón fuerte.

En el caso del plástico, se pueden utilizar dos opciones: recipiente de plástico o una bolsa plástica desechable.

Es recomendable que todos los usuarios combinen el uso de un recipiente reutilizable con una bolsa plástica desechable, ya que esta condición aumenta considerablemente el rendimiento de recolección, sobre todo cuando se presenta la bolsa debidamente cerrada, aún cuando dificultará las operaciones de disposición final en especial si es un relleno sanitario, debido a las características de peso y permanencia de los materiales plásticos.

En caso de utilización de bolsas plásticas se recomienda que éstas tengan agujeros que permitan el paso del aire hacia y desde la bolsa.

3.4 PRESENTACION

La acción de presentar la basura debe cumplir unos requisitos para maximizar la eficiencia de la recolección, algunos de los cuales se enuncian a continuación.

- Los recipientes para presentación deben tener las especificaciones sobre peso y tamaño, enunciadas en los puntos anteriores. Cualquier otro recipiente se debe disponer junto con la basura que contenga.
- La presentación se hará sobre la acera, al frente de cada edificación. De ninguna manera se hará recolección en zonas interiores de edificaciones, a menos que se haya acordado con anterioridad con la Empresa de Aseo.

- En algunos casos, a conveniencia de la Empresa de Aseo y previo aviso por parte de ésta, el usuario presentará sus basuras en la esquina más próxima de su calle, o en otro lugar indicado por la Empresa. Esto facilitará la labor de recolección, pero es necesario mantener los horarios de recolección.
- Es conveniente que los grandes productores presenten sus desechos directamente en el relleno sanitario.

3.5 CARACTERISTICAS GENERALES

A continuación se ilustran tanto las consideraciones sobre almacenamiento y presentación planteadas, como algunas elementales adicionales, que no necesitan explicación.

- **Basura Residencial:** El almacenamiento debe efectuarse en recipientes metálicos o plásticos; se recomienda el uso de bolsas plásticas. El peso de los recipientes no debe sobrepasar 25 kilogramos. La presentación se hará al frente de la edificación o esquina más próxima.
- **Basura Comercial y Basura Industrial:** El almacenamiento debe efectuarse en recipientes metálicos o plásticos; el peso máximo debe ser de 50 kilogramos por recipiente. La presentación se hará en la acera más próxima, a menos que haya convenio previo entre el usuario y la empresa que presta el servicio.

Basura Peligrosa: El almacenamiento debe efectuarse en recipientes herméticos con un peso máximo de 50 kilogramos por recipiente; es aconsejable incinerar estos residuos en el lugar de origen. La presentación debe ser convenida entre el productor y la empresa que presta el servicio; el transporte debe ser especialmente diseñado y no debe combinarse con otros residuos. La disposición final se efectuará con el recipiente incluido en un sitio especial del relleno sanitario.

3.6 ALMACENAMIENTO UNIFAMILIAR

El almacenamiento debe hacerse en el lugar donde más residuos se producen o donde ellos se concentran como por ejemplo en la cocina de la vivienda. El depósito debe tener asas para su manejo y su correspondiente tapa; es una buena costumbre utilizar talegos plásticos dentro del recipiente; esta costumbre facilita la operación de presentar las basuras y protege el depósito de almacenamiento.

3.7 ALMACENAMIENTO MULTIFAMILIAR

El cálculo del tamaño y forma de los recipientes para las basuras de edificios multifamiliares se hará de acuerdo con el número de personas que habiten el edificio, la frecuencia de recolección establecida por la empresa que presta el servicio, y el equipo disponible para recoger las basuras.

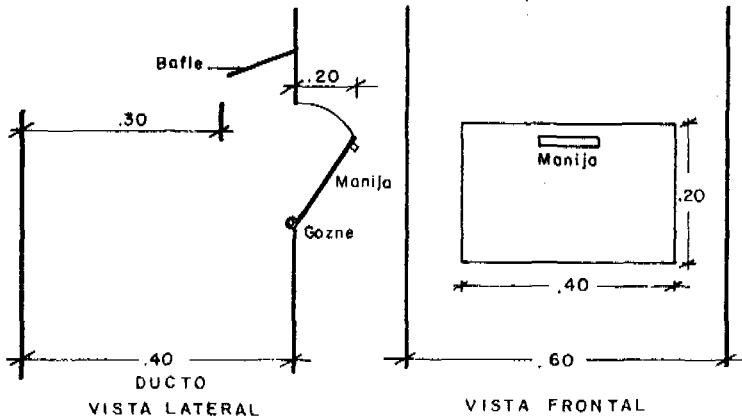
En los edificios multifamiliares de varios pisos es necesario utilizar conductos especiales para bajar la basura hasta el primer piso donde se encuentra el almacenamiento; estos ductos tendrán una entrada al nivel de cada piso con las seguridades para evitar accidentes; en la Figura # 3-2 se presenta un diseño típico.

Las dimensiones de la entrada serán siempre menores que las del ducto, para evitar atascamientos; el ducto será de material impermeable, de fácil lavado y resistente al fuego; a la entrada de cada piso y en el lugar de almacenamiento, siempre debe haber extintores de incendio tipo ABC; cada dos pisos por lo menos debe hacerse entradas para limpieza periódica del ducto.

El almacenamiento se efectuará en depósitos diseñados de acuerdo con las especificaciones de la empresa recolectora, quien tendrá en cuenta el equipo disponible y la frecuencia de recolección.

El uso de compactadores de basura en los edificios multifamiliares reduce el volumen y maximiza la utilización de los espacios disponibles; los trituradores también reducen los espacios necesarios pero crean problemas en los alcantarillados y en las plantas de tratamiento de aguas residuales por el aumento de los sólidos. Es inaceptable, arrojar las basuras trituradas a los alcantarillados, ya que esto es equivalente a solucionar un problema de contaminación de suelos creando una mayor de contaminación de las aguas.

FIGURA # 3-2
DUCTO PARA BASURAS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES
 Dimensiones en centímetros



3.8 ALMACENAMIENTO COMERCIAL

Generalmente el comercio produce residuos con alto componente de papel y cartón que permite aumentar las frecuencias de recolección sin problemas de putrefacción de las basuras. El comercio puede fácilmente compactar la basura para disminuir los problemas de su almacenamiento.

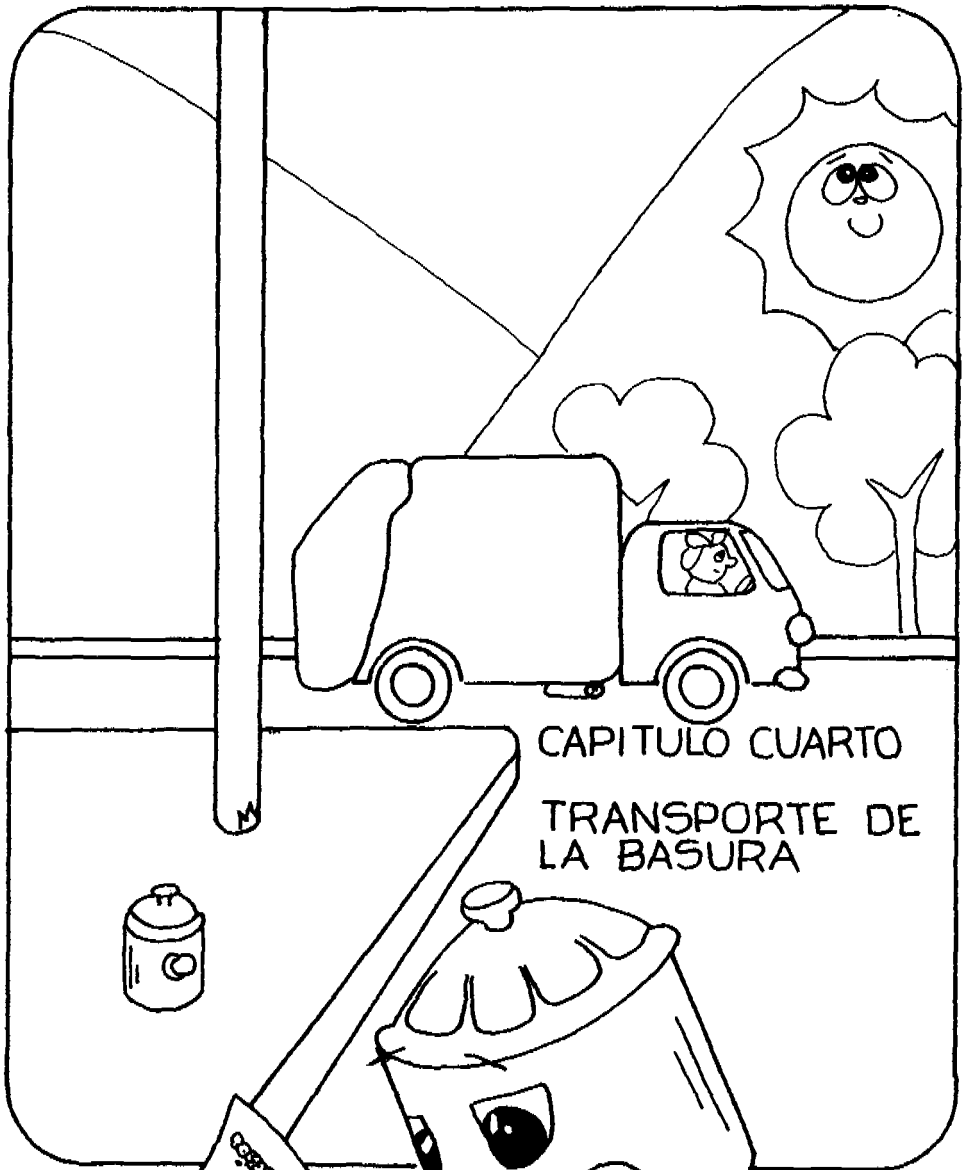
3.9 ALMACENAMIENTO INDUSTRIAL

Los residuos Industriales dependen del tipo de industria razón por la cual no se puede generalizar un método de almacenamiento.

BIBLIOGRAFIA

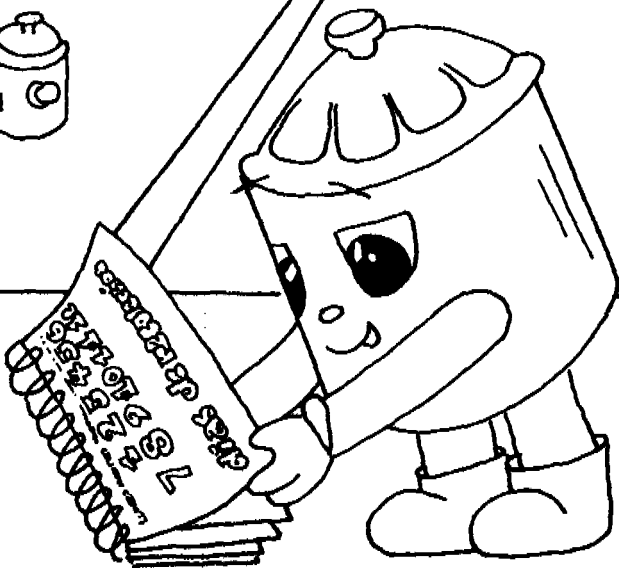
HERNANDEZ, Leoncio. *Curso intensivo sobre manejo integral de los residuos sólidos. Manual del curso I. Recolección y transporte de basuras. Almacenamiento.* (Documento básico). Facultad de ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1981.

TCHOBANOGLIOUS, George. THEISEN, Hilary. ELIASSEN, Rolf. *Solid Wastes, Engineering principles and management - Issues.* Mc Graw Hill Book Company. Bogotá. 1977. ISBN 0-07-063235-9.



CAPITULO CUARTO

TRANSPORTE DE
LA BASURA



CAPITULO CUARTO TRANSPORTE DE LAS BASURAS

4.1 INTRODUCCION.

Si se tiene en cuenta que alrededor del 80% del presupuesto total de las empresas de aseo se utiliza en labores de recolección, se comprenderá la importancia de organizar adecuadamente esta tarea. Cualquier mejora en el uso de los recursos que se pueda hacer en ella, por pequeña que sea, significará una economía grande debido al carácter repetitivo que tiene la operación.

En este capítulo se tratará sobre el transporte de la basura y la determinación de rutas de recolección, lo cual será estudiado desde dos puntos de vista:

- **Macroruteo**, incluyendo zonificación y balances de rutas, que pretende dividir las áreas de recolección en zonas que signifiquen iguales cargas a trabajos para las cuadrillas de recolección, teniendo en cuenta la necesidad de optimizar el uso de los recursos.

- Microruteo, en donde se detalla la ruta de recolección tratando igualmente de economizar al máximo los recursos, con un buen servicio.

Dentro de ambos problemas se conjugan una serie de variables de cuyo conocimiento es necesario disponer. Estas se refieren a:

- Características de la población.
 - * Población y Proyecciones.
 - * Cobertura de recolección actual.
 - * Densidad de población por área o por longitud de vías.
- Características de la ciudad.
 - * Clima: lluvias, severidad del invierno y del verano.
 - * Plano de vías.
 - * Características topográficas.
 - * Diagrama del tráfico en vías.
 - * Zonificación residencial, comercial e industrial.
- Características de los residuos sólidos.
 - * Tipo y cantidades producidas.
 - * Peso específico.
 - * Cantidad recuperable en la vivienda.
 - * Cantidad recuperable en el sitio de disposición final.
- Características del servicio con relación a la recolección.
 - * Responsabilidad del servicio

- * Alcance de la separación de los residuos
 - * Puntos de disposición
 - * Frecuencia de la recolección
 - * Métodos sobre manejo y almacenamiento domiciliario
 - * Organización de las cuadrillas
 - * Localización de los recipientes de los desechos
 - * Rendimientos de la recolección
 - * Regulaciones sobre control de la contaminación
 - * Regulaciones del tránsito de las calles
- Equipo disponible
- * Capacidad de las unidades en peso y volumen
 - * Operación del equipo
 - * Mantenimiento del equipo

Algunas de éstas variables son no manejables, pero otras, como la frecuencia o los métodos de recolección, por ejemplo, son variables que el servicio puede modificar para encontrar una mejor solución al problema.

De todas formas, antes de iniciar un programa de trazado de rutas será necesario definir y aclarar todos los aspectos y políticas que encierre un plan de recolección. Algunos servicios son pobres debido a que ha faltado planificación, desconocimiento de los puntos de vista de la comunidad o falta de claridad en el análisis de ciertas condiciones que dificultan el funcionamiento permanente del servicio de recolección. Por ejemplo, los cambios de rutas de

recolección implican un conocimiento y aceptación del público, lo cual no siempre es posible obtener a corto plazo y eventualmente termina en un rechazo, lo que a su vez determina un cambio de ruteo en plazo cercano.

Otras veces, los factores previos al diseño se refieren a aspectos laborales como tipo de salarios, horas de trabajo, políticas de sobretiempo, trabajo nocturno y dominical, trabajo a tarea o destajo. Tal vez, este conjunto de factores es uno de los aspectos fundamentales en el diseño de rutas ya que una modificación del método de recolección podría involucrar una controversia laboral, solucionable a nivel de convención obrero patronal o inclusive a nivel jurídico.

La ubicación de los recipientes en las ciudades es un factor importante. Queda claro que el establecimiento de políticas al respecto es fundamental puesto que no será igual dejar el recipiente en la acera que en la entrada de la casa o edificio, o dentro de éste y esto quedará reflejado en el rendimiento de las cuadrillas en las rutas.

El sistema de recolección debe estar ajustado al sistema de disposición final en consecuencia, para el diseño de rutas será necesario que el sitio y tipo de disposición final ya haya sido definido.

La ubicación del sitio de disposición final, puede influir en la selección de la capacidad y tipo de los vehículos recolectores y en la utilización de las estaciones de transferencia.

El sistema de disposición final también influye en la recolección ya que en algunos casos determina una preselección de los componentes y una recolección y transporte discriminados.

Debido a que otras variables son estudiadas en otros apartes de este texto, aquí se tratarán algunas que son manejadas por el servicio e importantes para la determinación de las rutas de recolección de la basura.

4.2 FRECUENCIA DE RECOLECCION

En muchas ciudades de América Latina aún se identifica un buen servicio de recolección de basura, con el hecho de que la cuadrilla respectiva lo haga con una frecuencia diaria. El concepto está cambiando y casi todas las ciudades están haciendo jugar un papel importante a este factor de frecuencia.

La frecuencia de la recolección está en función de la producción por habitante, el clima, la capacidad del servicio y los hábitos y conveniencia de la comunidad.

En primera instancia se puede pensar que la frecuencia está determinada básicamente en función del período durante el cual los residuos puedan permanecer almacenados en los locales donde son generados, sin producir descomposición. Este criterio hace jugar papel muy importante al clima y es eminentemente sanitario, pues evita la proliferación de moscas y otros insectos y roedores. Además, si la recolección es frecuente los depósitos utilizados son más pequeños en capacidad, disminuyendo apreciablemente el rendimiento en la recolección.

Desde el punto de vista de costos, en las actuales circunstancias de altos precios de la energía, un aumento en la frecuencia de recolección significa un incremento substancial en los costos totales. Esto se debe a que para recolectar cantidades pequeñas de basura el vehículo deberá hacer recorridos más largos para completar su carga. Por consiguiente esto supone mayores labores del personal, mayores tiempos, distancias, equipos y mayor desgaste de éstos.

La frecuencia más apropiada para un servicio satisfactorio y económico está determinado por la cantidad de basura a ser recolectada, el clima y las demandas ciudadanas. El máximo período para la recolección de desperdicios orgánicos deberá establecerse con base en:

- El tiempo que pueda almacenarse la basura producida en un depósito de dimensiones razonables y manejables por los operadores de recolección.

- El tiempo que los desperdicios orgánicos al descomponerse puedan producir olores bajo condiciones normales de almacenamiento y
- El período en el ciclo de la mosca, para pasar de huevo a larva y que en época de verano es frecuentemente menor que 10 días.

De otra parte, por razones de salud y saneamiento ambiental, la frecuencia mínima aceptable de recolección de basuras en sectores residenciales que contienen residuos putrescibles, es de una vez por semana. Un tiempo mayor entre las recolecciones puede conducir a someter al personal recolector a levantar pesos mayores a 25 kilogramos el cual es el límite en la recolección domiciliar.

La frecuencia para la recolección de desechos no putrescibles y cenizas generalmente está basada en la capacidad de los recipientes para la cantidad producida y de la capacidad del personal para levantar continuamente objetos pesados.

En algunas ocasiones especialmente en la industria, deberá utilizarse equipo mecánico para levantar los depósitos de basuras y entregar su contenido al vehículo recolector.

4.3 ALTERNATIVAS DE FRECUENCIA

- **Diaria:** Es una frecuencia costosa, aunque protege el aspecto sanitario adecuadamente. Generalmente, se hace durante 6 días a la semana exceptuándose los domingos. Por consiguiente hay sobrecarga los días lunes. Se utiliza para establecimientos especiales como hospitales, plazas de mercado, hoteles y otros similares. Esta frecuencia se llegó a utilizar en Colombia en algunas ciudades pero está siendo abandonada por su alto costo.
- **Interdiaria:** También se puede considerar como frecuencia de tres veces a la semana. En esta alternativa generalmente no se trabaja los domingos. Otra variante de esta frecuencia consiste en recolectar basura durante 12 horas seguidas y la cuadrilla descansa las siguientes 36 horas, incluyendo los domingos en los turnos. El inconveniente de esta variante es la obligación de trabajar 12 horas seguidas, con pequeños intervalos de descanso para tomar refrigerios y sobre todo las protestas laborales de trabajar domingos sin bonificación de salario. Se sobreentiende que cuando no se trabaja los domingos habrá sobrecarga los lunes. Esta frecuencia se llegó a utilizar en Colombia en algunas ciudades pero está siendo abandonada por sus costos e inconvenientes laborales.

- Dos veces por semana: Esta clase de frecuencia es muy utilizada en America Latina. Hasta la fecha es la que mejores resultados ha arrojado especialmente en la zona residencial. En ella tampoco se trabaja los domingos por lo que hay que prever un recargo en una de las dos recolecciones semanales.
- Una vez por semana: Este tipo de frecuencia, si bien su empleo puede causar problemas con basuras que contienen alta composición de materia putrescible, es muy aplicable cuando los componentes son cenizas, desechos no combustibles y combustibles, basura combinada y material inerte. La basura de poco peso específico, como por ejemplo la del comercio, puede recogerse con esta frecuencia combinando el almacenamiento con una buena compactación. El hecho es que en Colombia, donde el sistema de recolección presenta fallas, en muchas ciudades la frecuencia "normal" es de una vez por semana. Una ventaja de la recolección de basura en zonas residenciales de una vez por semana sobre la de dos veces por semana, es que se requieren menor número de vehículos en un 23% a 33%. En segundo lugar, los costos son menores pues utilizan menos vehículos, combustible y mano de obra, lo que puede significar una reducción de hasta el 50% de los costos.

4.4 RENDIMIENTO DE LA RECOLECCION

Este es el factor que con la producción y el tiempo para recolección, determinará el tamaño de la zona.

Mide el tiempo que se tomará una determinada cuadrilla, bajo condiciones definidas, para recolectar una cantidad de basura.

Se utilizan varias medidas para definir este parámetro, las cuales se indican a continuación.

- Hombre-minuto/tonelada
- Tonelada/minuto
- Metro cúbico/minuto

No existen estudios que indiquen cual es el rendimiento que se debe adoptar en Colombia. Comúnmente se está utilizando, para efectos de diseño, 120 hombres-minuto/tonelada que equivale a 30 minutos/tonelada, para las cuadrillas de 4 hombres.

Es evidente que el rendimiento en la recolección dependerá de:

- Tipo de equipo. En general son mucho más eficientes los equipos de cargue trasero con compactación y menos los equipos abiertos con alturas de cargue mayores de 1,50 metros.

- **Mantenimiento del equipo.** Un buen mantenimiento evitará pérdidas de tiempo en la recolección aumentando así el rendimiento.
- **Frecuencia de recolección.** A mayor frecuencia los tiempos serán los mismos para recoger menor cantidad de basura.
- **Número de hombres en la cuadrilla.** No aumenta proporcionalmente con éste y lógicamente, cuando el número es excesivo, decrece. En la información de rendimiento generalmente se indica el número de hombres en la cuadrilla, el cual no debe incluir al conductor.
- **De las condiciones topográficas de las vías.**
- **De los métodos de recolección.** Será mayor recogiendo la basura de las aceras de las casas que en los patios. Igualmente aumenta cuando los recipientes pueden disponerse con la basura como es el caso de las bolsas de plástico o cuando son de tal tamaño que pueden ser manejados sin dificultad por un hombre.

Tomando en cuenta todas estas condiciones, la empresa que presta el servicio deberá mantener información actualizada sobre los rendimientos y sobre las posibilidades de mejorarla en cada una de las rutas que se tengan para la recolección.

El rendimiento se medirá contando el tiempo transcurrido desde que se recoge el primer recipiente de basura hasta que se recoge el último, el cual, multiplicado por el número total de obreros que intervienen en la operación de recolección (sin contar el conductor) dará como resultado los minutos - hombre. Midiendo la cantidad de basura recolectada, ya sea en peso o en volumen, se podrá obtener el rendimiento. La información deberá registrar, junto con el valor del rendimiento, las demás condiciones bajo las cuales fué obtenido.

4.5 HORARIOS

El horario está relacionado con la duración de la jornada de trabajo. El diurno presenta la ventaja de su menor costo pero la desventaja que hay mayor tráfico vehicular; el horario nocturno presenta las ventajas del clima más benigno en zonas cálidas y menor tráfico, pero las desventajas del mayor costo y del ruido al manejar los recipientes, además, afea la ciudad cuando los depósitos de la basura deben permanecer toda la noche en el exterior de la vivienda o local.

El horario de recolección, para los sectores o barrios, deberá mantenerse lo más constante posible. Esto facilitará las relaciones entre la comunidad y la empresa que presta el servicio de aseo.

4.6 COBERTURA DE RECOLECCION

La cobertura se define como la zona a la cual se le presta el servicio "regular" de recolección de basuras. La cobertura es la parte más importante en la del servicio de aseo y la empresa debe conocerlo al detalle para tener un índice de eficiencia de los programas de mejoramiento o manutención del servicio.

Para conocer la cobertura se calcula, sobre un plano de la ciudad, la población del área a la cual se le presta el servicio "regular"; ésta, comparada con la población total definirá la cobertura.

Cuando se consideren planes para mejorar la cobertura del servicio de recolección, éstos deben ser graduales para adquirir experiencia y no defraudar a la ciudadanía con falsas expectativas, al mismo tiempo que se podrán realizar ajustes en el servicio y adelantar los programas de promoción de la comunidad para lograr la aceptación del servicio por parte de ésta.

4.7 CUADRILLAS

El rendimiento de la recolección depende del número de hombres de la cuadrilla de recolección. Todas las cuadrillas se deben plantear con el conductor excluido. Las cuadrillas pueden ser:

- Con un hombre: la experiencia indica que el rendimiento es bajo por que hace detener frecuentemente al vehículo recolector.
- Con dos hombres: Dependiendo del clima, la topografía y la cantidad de basura a recoger (es decir de la ppv) estas cuadrillas pueden variar ligeramente el rendimiento; en zonas normales éste puede ser del orden de 50 minutos/tonelada.
- Con tres hombres: En algunos lugares refuerzan la cuadrilla de dos hombres con un tercero para que éste ayude por el lado de mayor carga. Aunque la filosofía es buena, se debe tener cuidado porque en algunos lugares lo que se ha podido observar es que trabajan dos hombres y descansa uno, lo que hace bajar el rendimiento.
- Con cuatro hombres: De igual manera que con dos hombres el rendimiento de ésta cuadrilla depende del clima, la topografía y la cantidad de basura a recoger; en condiciones normales el rendimiento para estas cuadrillas puede ser del orden de 25 minutos por tonelada.

De todas maneras, en cada caso particular, es necesario estudiar los rendimientos de las diferentes cuadrillas. No existe una fórmula que permita decidir para una ciudad o barrio cual es el número óptimo de hombres de la cuadrilla. Por esta razón es muy conveniente mantener constantemente estudios y análisis al respecto.

4.8 EQUIPO

Determinar la cantidad y características del equipo recolector de basuras es una de las partes más complejas en el manejo de un servicio de aseo urbano.

Para poblaciones pequeñas no siempre es óptimo un vehículo compactador. En muchas ocasiones, es mejor transportar la basura en una o varias volquetas que no exigen mantenimiento complicado como los carros recolectores compactadores. El tipo de vehículo, la carga por eje y las especificaciones mecánicas deben ser consultadas con ingenieros especialistas en la materia.

Los vehículos transportadores pueden ser de tracción animal para pueblos pequeños. Para poblaciones mayores se pueden utilizar volquetas, tractores con vagones o carros compactadores de diferentes capacidades.

La relación entre el número de los equipos de iguales características, su capacidad y la cantidad total de basura es:

$$N = \frac{W}{nC}$$

donde:

- N** = número de equipos necesarios, un número entero.
- W** = cantidad de basura a recoger, en toneladas o metros cúbicos, por jornada. Es un factor, que depende del número de días de recolección por semana, de la cobertura y de la producción de basuras.
- n** = número de viajes de recolección, por jornada, de cada equipo, un número entero.
- C** = capacidad de cada vehículo, en toneladas o metros cúbicos.

De otra parte, si se denomina a:

- T** = tiempo disponible por jornada, en minutos
- T₁** = tiempo recorrido del garaje a la primera ruta de recolección, en promedio y en minutos
- T₂** = tiempo recorrido de la ruta de recolección al sitio de disposición final, en promedio y en minutos.
- T₃** = tiempo de descarga en la disposición final, en promedio y en minutos.
- T₄** = tiempo del recorrido de la disposición final a la ruta de recolección, en promedio y en minutos.
- T₅** = tiempo del recorrido de la disposición final al garaje, en promedio y en minutos.
- R** = rendimiento de la recolección en minutos/tonelada o en minutos/metros cúbico,

se tendrá, para equipos iguales, que la capacidad debe ser tal que:

$$C = \frac{T - T_1 - nT_2 - nT_3 - (n-1)T_4 - T_5}{R \times n}$$

y como

$$n \times C \times N = W$$

$$N = \frac{R \times W}{T - T_1 - nT_2 - nT_3 - nT_4 + T_4 - T_5}$$

Una relación sencilla que expresa que el número de equipos depende proporcionalmente del total de basura a recolectar y del rendimiento de recolección e inversamente del tiempo disponible para recolección, el cual a su vez depende del tipo de equipo y del número de viajes al sitio de disposición final.

De aquí la importancia que los tiempos T_1 , T_2 , T_4 y T_5 sean los mínimos posibles, lo cual, se consigue con una buena localización del sitio de disposición final y el garaje ubicado lo más cercano posible al centroide de producción de las basuras.

De otra parte, para minimizar costos, es necesario que el número de viajes a la disposición final, nN , sea el mínimo posible. De ahí la importancia de los camiones de alta capacidad, ya sea en peso o en volumen.

La expresión para N muestra también como N depende del rendimiento del equipo de recolección, en forma tal que se puede tomar a R como variable y evaluar los diferentes resultados.

Sin embargo, la proporción entre N y R es directa, lo cual, implica que una disminución de R, disminuye en igual proporción el tamaño de N. La disminución de R, se logra mediante aumentos de la mano de obra en recolección, o en mejoramientos de la metodología de la misma.

La experiencia en nuestro medio indica que es más económico incrementar la mano de obra que los equipos, además, que así se logra aumentar la generación de empleo.

4.9 SELECCION DE EQUIPO PARA RECOLECCION

Uno de los componentes esenciales en un servicio de aseo, es el equipo mecánico. Por tanto, la selección de este material es un tópico crítico que debe estudiarse con detalle.

La elección en particular depende de las condiciones locales, por tanto, se dan solo guías generales para la selección del equipo. Las cualidades que se requieren de un vehículo son:

- Rapidez de llenado.
- Llenado máximo y facilidad de vaciado.

- Tolva de carga que permita asegurar las operaciones de vaciado de los recipientes de los usuarios fácilmente y en las mejores condiciones de higiene.
- Funcionamiento silencioso.
- Manejabilidad máxima de circulación.
- Hermetismo, facilidad de mantenimiento y lavado.
- Reparto correcto de las cargas sobre los ejes.
- Seguridad.
- Estética.
- Económico, tanto en la adquisición como en la operación.

La mayoría de los vehículos de recolección se componen de dos elementos: el chasis y la caja recolectora. Generalmente los fabricantes de las dos unidades son diferentes.

Se tienen entonces dos posibilidades:

- Comprar separadamente los dos elementos y ejecutar el montaje y adaptación de la caja en el chasis. Este método es aconsejable solo cuando se dispone de la suficiente tecnología en el sitio para efectuar el montaje sin problema y cuando se puede definir claramente las responsabilidades en caso de fallas.
- Generalmente el constructor de la caja puede adquirir el chasis por su cuenta, de acuerdo con especificaciones previamente establecidas, y hacer el montaje para suministrar el equipo completo.

Cualquiera sea la modalidad empleada, se han de tener en cuenta ciertos aspectos que definen el equipo necesario y que se refieren a:

- Variables del servicio.
- Condiciones del chasis.
- Condiciones de la caja.

4.9.1 VARIABLES DEL SERVICIO

Se refieren a las condiciones locales que intervienen en la escogencia del equipo, algunas de las cuales son:

- Cantidad de Basura: Este factor depende de la población y de la producción unitaria de basura. Su volumen total define la capacidad del equipo requerido.
- Topografía: La topografía del área de servicio influye sobre las especificaciones que debe tener el equipo, tales como la relación entre el peso bruto y la potencia del vehículo, la transmisión y el tipo de motor. Las cuestas y pendientes de la vía disminuyen la velocidad a la que puede transitar el vehículo.

La velocidad máxima de un camión depende de los declives de las calles o vías en el área de servicio. Las zonas quebradas con pendientes largas o frecuentes requieren camiones con relaciones más bajas entre el peso bruto del vehículo y la potencia (GVW/hp). Estos vehículos pueden moverse más rápidamente en pendientes.

- **Ancho y estado de las vías:** Las calles angostas, el estacionamiento de los carros, los árboles con ramas bajas, o líneas eléctricas tendidas a poca altura, deben tomarse en cuenta al determinar las dimensiones y accesorios de los vehículos. La manejabilidad de un carro recolector depende de su tamaño, radio de giro, e impedimentos físicos externos. Es necesario analizar el estado de las vías en cualquier época del año.

Generalmente son críticas en la época de lluvias.

- **Aspectos Climáticos:** Las condiciones climáticas también influyen sobre las especificaciones de vehículos recolectores.

En un área de servicio en donde soplan vientos fuertes y borrascosos, hay más probabilidades de que la basura se escape de los elevadores mecánicos de un cargador delantero.

El viento puede llevarse la basura cuando se está vaciando los recipientes dentro del receptor de la carrocería. La humedad y la salinidad del ambiente, dos aspectos críticos especialmente en nuestras ciudades costeras, determinan la calidad del material utilizable para carrocerías y cajas de recolección.

- **Tipo de Basura:** La clase de basuras que se generan en el área de servicio determinará en algunos casos la necesidad de especificar una carrocería impermeable al agua, el tamaño y aberturas de acceso de la misma, y la potencia de compactación

que se requieren. La recolección de basuras abultadas no debe obstaculizar la operación del recolector. Las aberturas del vehículo deben ser lo suficientemente grandes para dar cabida a basuras voluminosas. Estas no deben atascar los mecanismos de cargue ni caer del vehículo. Los derrames retardan la operación de recolección y pueden ocasionar quejas de los usuarios del servicio. Los objetos de tamaño grande pueden requerir bastante espacio, pero pueden ser de poca densidad. En estos casos, un compactador de alta potencia producirá una buena reducción de volumen.

- Tipo de Recipientes: Según el área de servicio, los recipientes pueden influir considerablemente la decisión del vehículo que debe especificarse. Si deben atenderse recipientes grandes y pesados, los mecanismos del vehículo deben ser capaces de manejar con seguridad el peso máximo calculado de tales recipientes. Las basuras sueltas generalmente pesan alrededor de 250 kg/m^3 pero pueden llegar hasta 650 kg/m^3 . En algunos casos, cuando hay que recoger regularmente grandes cantidades de basura de un solo usuario o de un solo sitio, puede resultar económico un compactador estacionario y un camión de servicio.

Camiones montacargas especiales pueden prestar servicio a compactadores portátiles grandes y permitir la recolección de cargas densas y pesadas a intervalos menos frecuentes.

- **Velocidad de recolección:** El número y la frecuencia de las detenciones en una ruta de recolección, influyen sobre la selección del camión que deba usarse. Si se multiplica el corto tiempo que se ahorra con cada recipiente, el total resultará considerable. En esta economía de tiempo, el tipo de recolector tiene gran importancia. El lapso necesario para alzar, vaciar y volver a colocar el recipiente es la "duración del ciclo de cargue" de la operación. Este tiempo adquiere mayor importancia a medida que aumenta el número de recipientes servidos. Una diferencia de 10 segundos en la duración del ciclo de cargue, representa un ahorro de 25 minutos en el manejo de 150 recipientes.

- **Sistemas de Recolección:** Se pueden dar diferentes sistemas de recolección:
 - * Casa a casa.
 - * Recolección en sitios de concentración (cajas estacionarias, edificios multifamiliares, grandes productores)
 - * Recolección únicamente en las esquinas, en las zonas residenciales.

En cada caso, el sistema de recolección conduce al tamaño del recipiente que se debe manejar.

- **Adaptabilidad del camión:** Los camiones recolectores pueden especificarse para que presten servicio adicional a la simple recolección de basura sólida.

Algunas comunidades desean usar los vehículos recolectores de basura sólida en otros servicios municipales. Las ciudades pequeñas que cuentan con un equipo limitado deben prestar atención especial a las características de los vehículos compactadores que pueden no ser adecuados para obras de construcción o acarreo general. De otra parte, se debe tener en cuenta que las operaciones de recolección de basura no debe estorbarse por daños causados al efectuar otros trabajos.

4.9.2 CONDICIONES DEL CHASIS

a) Tipo del motor:

Se refiere básicamente a dos tipos:

- * Motor de gasolina
- * Motor Diesel.

A continuación se comparan las principales características de los dos tipos de motor:

- **Potencia:** El motor a gasolina es prácticamente reservado para pequeños tonelajes, mientras que el Diesel es para todos los tonelajes, especialmente para grandes cargas a baja velocidad.
- **Autonomía:** Es prácticamente ilimitada para los dos tipos
- **Contaminación atmosférica:** Los motores a gasolina producen gases de escape tóxicos; en los diesel la toxicidad de los gases es menor, pero es difícil evitar la emisión de humos.

- **Ruido:** En los motores a gasolina es poco, en cambio en los diesel es apreciable.
- **Mantenimiento:** En igualdad de potencia, en los motores a gasolina es más económico que en los diesel.
- **Combustible:** En los motores a gasolina es menor el rendimiento y más caro que en los diesel.
- **Facilidad de reparación:** En los motores a gasolina, los mecánicos solombianos tienen mayor conocimiento y tecnología, en los diesel, en ocasiones, se dificulta la reparación

En definitiva, con relación al motor de gasolina, el motor Diesel presenta más ventajas que inconvenientes, sobre todo en aquellos sitios en donde se dan facilidades de mano de obra y materiales para su reparación y mantenimiento.

Generalmente los motores Diesel rinden la potencia máxima a menos velocidad que los motores de gasolina. La curva torsional más abierta de un motor Diesel indica que dará un rendimiento mayor en condiciones de terreno quebrado.

Aunque los motores Diesel pueden representar un mayor costo inicial, su economía de combustible es superior a la de los motores de gasolina, el ahorro en combustible y en operación absorberá rápidamente la diferencia de precio.

b) Tipo de Chasis:

Todos los chasises de camiones tienen características similares sea cual fuere el tipo de la carrocería. Las especificaciones de un chasis de servicio pesado para transportar las cargas de recolección previstas pueden ser satisfechas con modelos corrientes por cualquiera de los fabricantes de camiones.

Los vehículos recolectores están sujetos a un ardúo trato con velocidades bajas, arranques y detenciones continuas, tráfico pesado y esfuerzos de cargue y de compactación. Los camiones deben tener señales bien visibles de cruce y detención, cabinas con buena visibilidad, transmisiones seguras y que exijan poco mantenimiento, distribución de peso balanceado, un buen sistema de frenos, y un motor con alto momento de torsión. Los fabricantes pueden suministrar datos de la distribución de peso para calcular el peso bruto del vehículo cargado y las cargas sobre los ejes.

Un factor importante del diseño es el relacionado con la capacidad de volumen de la carrocería y la capacidad de acarreo de carga del chasis (peso por eje).

Las carrocerías que se especifican resultan frecuentemente demasiado pequeñas para albergar el peso del material que puede soportar el chasis.

La capacidad del camión debe permitir la recolección de un número entero de cargas completas cada día. La inclusión de un último viaje parcialmente cargado implica pérdida de tiempo. La capacidad del camión, las horas de trabajo y los rendimientos de recolección (m^3/hora o toneladas/hora) deben correlacionarse para determinar el tamaño óptimo del camión. La rapidez con que las cuadrillas efectúen el cargue y el método de recolección ayudarán a definir la capacidad que se requiere.

Un camión de tamaño correcto puede, por ejemplo, ser capaz de hacer dos viajes completos al sitio de disposición final, mientras que un camión pequeño recogería dos cargas completas y otra parcial pequeña y aún tendría que hacer un tercer viaje al lugar de descargue. La capacidad de carga del vehículo adquiere mayor importancia cuando la distancia y el tiempo de recorrido desde la ruta de recolección hasta el sitio de disposición final son largos.

El tiempo de transporte hasta la disposición final disminuye el tiempo de recolección del camión. Los problemas que presentan los períodos de acarreo demasiado largos, pueden solucionarse algunas veces con el empleo de camiones más grandes o de estaciones de transferencia. Con un camión más grande se aprovechará más eficazmente el tiempo de recolección. Sin embargo, el ancho de las calles y callejones locales y los límites de carga de las carreteras pueden restringir el tamaño y peso de los camiones que se usen.

Las cargas y su distribución entre ejes frecuentemente limitan los camiones recolectores a capacidades de unos 15 metros cúbicos. Con un promedio de peso específico de la basura compactada de cerca de 500 kg/m^3 , un camión de 15 m^3 admite 7500 kg. Si a esto se agrega el peso de la caja recolectora y las demás cargas, el peso total sobre el chasis puede llegar a 12.000 kg. Este peso hay que confrontarlo contra las regulaciones que tiene establecido el Instituto Nacional del Transporte (INTRA) acerca de cargas sobre los ejes de los camiones y sobre cargas totales transportables de acuerdo con las vías. Por tanto, puede suceder que sistemas eficientes de compactación, o una abundante recolección de basuras, hagan que el camión quede sobrecargado según tales regulaciones.

Los vehículos del tipo de cabina sobre el motor y de cabina hacia adelante tienen corta distancia entre ejes para virajes más cerrados y son más aconsejables. Deben especificarse, con miras a lograr la mayor eficiencia, la distancia entre ejes, el número de los mismos, el ancho total, la longitud y la altura, el vuelo sobresaliente delantero, lateral y trasero, el ángulo de giro y la dirección.

Pueden emplearse artefactos mecánicos para levantar y vaciar recipientes portátiles mediante el uso de fuerza mecánica. Los recipientes pueden llevarse al camión y vaciarse, ahorrando tiempo y esfuerzo sobre los necesarios para vaciar las canecas por medios manuales corrientes. Los vehículos de cargue

delantero elevan los recipientes para vaciarlos, de manera que debe calcularse la altura del vehículo más el recipiente durante la operación de cargue. Los límites máximos del tamaño del vehículo pueden resultar excedidos durante las operaciones de cargue, pero no al hacer el trayecto entre el lugar de recolección y el de disposición final.

c) Factores de Seguridad:

Los vehículos recolectores, dada la naturaleza de su trabajo, requieren disponer de dispositivos de seguridad que protejan tanto a la cuadrilla de recolección como al equipo. En general, los dispositivos de seguridad deben ser sencillos y a pruebas de mal trato.

Se debe tener especial atención en:

- Señales bien visibles de cruce y detención.
- Cabina con buena visibilidad (panorámica) y en lo posible capacidad para 3 ó 4 personas.
- Buen sistema de frenos, incluso con sistema adicional.
- Escape de los gases quemados de tipo vertical, a fin de proteger a la cuadrilla.
- Mecanismos de compactación seguros de tal manera que evite accidentes de los recolectores.
- Espejos retrovisores.
- Estribos y agarraderos para el transporte de la cuadrilla.

- Elementos que permitan hacer señales entre la cuadrilla y el conductor.
- Elementos que permitan la detención instantánea contra el arranque accidental de los mecanismos.

d) Factores de Costos:

Al considerar el precio de los equipos debe recordarse que lo más barato no siempre es lo más económico. Al hacer la selección deben tenerse en cuenta:

- Valor de adquisición.
- Facilidades para la compra.
- Vida útil del chasis.
- Costos de mantenimiento.
- Costos de reparación.
- Costos de repuestos.
- Evaluación de los costos contra la capacidad del chasis.
- Rendimientos de recolección alcanzables.
- Relaciones entre las capacidades en peso y en volumen.

4.9.3 CONDICIONES DE LA CAJA

a) Tipo de la caja:

Para recoger basura se pueden utilizar camiones abiertos, camiones cerrados, y compactadores. Los camiones abiertos son los menos higiénicos y eficientes.

Los camiones abiertos cuyo precio de compra y de adquisición es bajo, son buenos para recolectar objetos voluminosos con la ayuda de un elevador hidráulico en la compuerta trasera. Los elevadores disminuyen el trabajo y los riesgos y aumentan la productividad en esta clase de operaciones de recolección. Son también útiles para la recolección de desechos de arreglo de patios, jardines, parques y poda de árboles; para algunos residuos industriales o cuando la recolección domiciliaria se hace en sacos de papel o bolsas de plástico. Tienen el inconveniente de su gran altura de carga, cuando ésta se hace manualmente y su poca capacidad en volumen.

Los vehículos compactadores proporcionan ventajas económicas y sanitarias.

Algunas ventajas económicas son:

- Pueden transportar mayor volumen porque la basura suelta se comprime.
- La carga puede vaciarse rápidamente, lo cual aumenta los rendimientos.
- Proporcionan poca elevación del compartimiento de carga, lo cual hace más rápida y segura la recolección.
- Su fabricación es tal que resiste la corrosión.

Algunas ventajas sanitarias son:

- La caja está construída a prueba de escapes.

- La caja facilita un sistema de recolección más seguro para el personal, ya que cuenta con agarraderas, estribos, espejos, luces direccionales y señales para paradas de emergencia.

Lógicamente la caja compactadora tiene un precio mayor y requiere de mayor tecnología para recolección y mantenimiento que las cajas abiertas, especialmente en sus sistemas de elevación y empuje hidráulicos.

Entre la caja compactadora y el camión abierto está el sistema de caja cerrada, la cual se sitúa en un puesto intermedio con respecto a ventajas y desventajas.

b) Capacidad de Compactación:

La capacidad de compactación del vehículo puede especificarse en varias formas. Generalmente los fabricantes anuncian la fuerza o potencia total del mecanismo de compactación de basuras de la caja. La medida clara de compactación es la fuerza que se aplica por unidad de área de basuras.

La compactación puede hacerse con un motor auxiliar, o mediante una toma de fuerza (PTO) en paralelo. Con una "PTO", o con un motor auxiliar, el tiempo de recolección puede reducirse efectuando la compactación mientras el vehículo se

mueve al siguiente sitio de recolección. De lo contrario, la compactación puede efectuarse mientras el vehículo está estacionado. Esto último aumenta el tiempo del recorrido.

Otra manera de expresar la compactación consiste en expresar la relación entre el volumen de basura suelta y el volumen de basura compactada. Así, un factor de compactación de 2:1 indica que el mecanismo de compactación reduce 2 volúmenes de basura suelta a 1 volumen compactado. Naturalmente que este factor de compactación depende del tipo de basura y disminuye con el tiempo y el uso del equipo.

Mediante el uso de este factor y el conocimiento de las demás características de la basura, es posible conocer el peso total de basura que se puede acarrear.

Esto tiene importancia tanto en la escogencia del chasis como en la planificación de las rutas de recolección.

c) Tipo de cargue de la caja:

Considerando las cajas de tipo compactadoras pueden existir varias posibilidades de cargue:

- Equipos que cargan por la parte trasera. La basura se arroja directamente dentro de una tolva suficientemente grande para recibir el contenido de varios recipientes. La tolva

cargada se vacía a través de una compuerta móvil que empuja la basura hacia el compartimiento principal de la carrocería. El material se oprime luego contra un tabique retenedor, o se compacta contra la carrocería.

- Otro tipo utiliza cargadores de tambor giratorio. Las basuras cargadas en la parte trasera de una tolva en forma de tornillo son desmenuzadas y compactadas dentro del tambor giratorio. Una paleta o cuchilla helicoidal que va en la pared del tambor, mueve el material y lo compacta en la parte delantera de la carrocería. La basura se descarga haciendo girar el tambor en sentido contrario y levantando la tolva. El compactador trabaja a medida que el camión marcha hacia el siguiente sitio de recolección, lo que disminuye el tiempo de trabajo, elimina los sistemas hidráulicos de compactación y rebaja el peso bruto del camión. Sin embargo, se tienen problemas con su capacidad y con su mantenimiento.

En general las cajas de cargue trasero son las que ofrecen las mejores garantías para el personal de recolección.

- Equipos de cargue lateral: la basura se deposita a través de aberturas cerca a la parte delantera del camión. A medida que se llena el espacio de carga, una plancha mecanizada compacta las basuras desde el frente hacia atrás.

Este tipo de camión tiene un punto de cargue alto y el material compactado puede llegar a bloquear parte de las aberturas de cargue cuando la carrocería está casi llena. Su bajo costo inicial puede absorberse con el ciclo de cargue más rápido de los cargadores traseros, por lo cual no son muy recomendados.

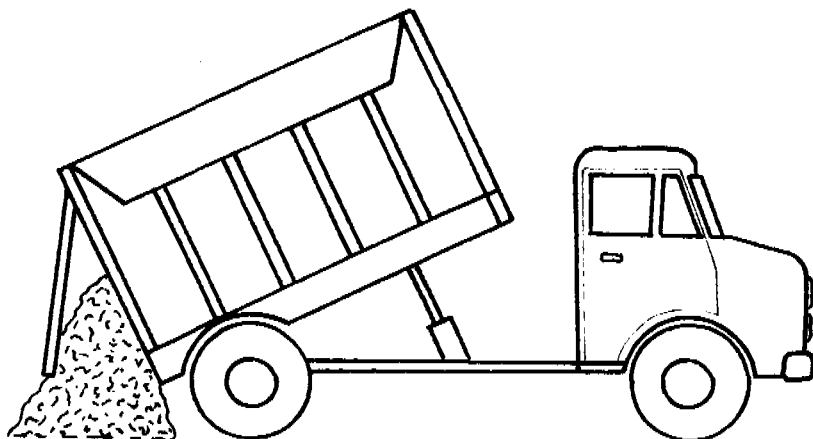
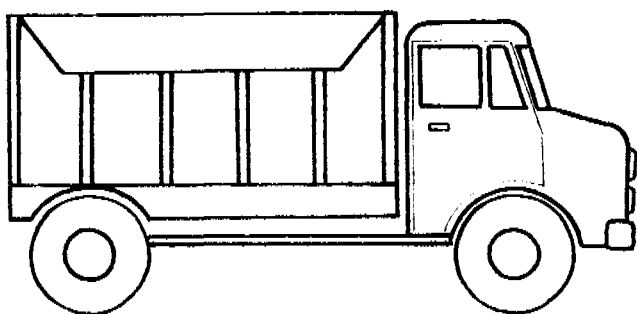
d) Factores de costo:

Los Factores de Costo que se deben tener en cuenta son:

- Valor de adquisición.
- Facilidades para la compra.
- Vida útil de la Caja.
- Costos de mantenimiento.
- Costos de reparación.
- Costos de repuestos.
- Evaluación de los costos contra la capacidad de la caja.
- Rendimientos de recolección alcanzables.
- Relaciones entre las capacidades en peso y en volumen.

En las páginas siguientes se muestran algunos esquemas de los diferentes equipos utilizados para la recolección de basura.

EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO RECOLECTOR DE BASURA
TIPO: No Compactador
CARGE: Superior
DESCARGUE: Por Volcamiento

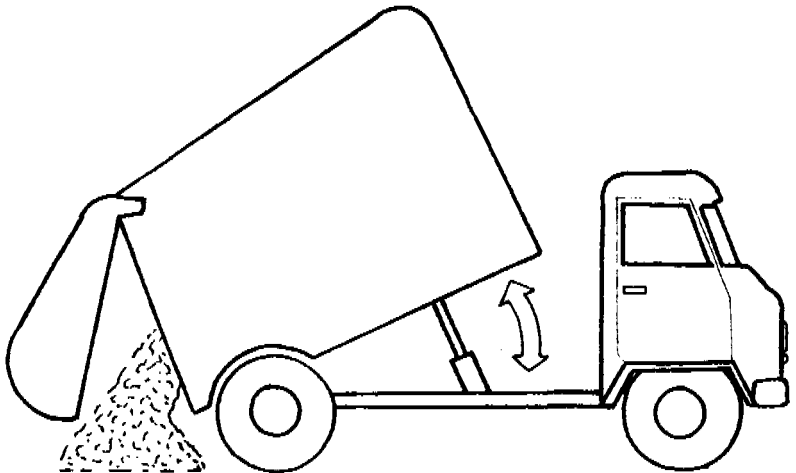
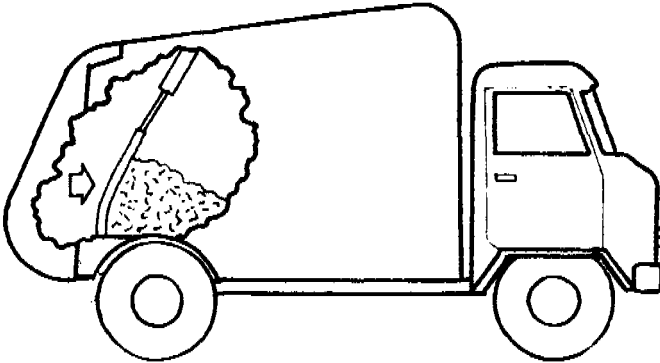


EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO RECOLECTOR DE BASURA

TIPO: Empujador

CARGE: Trasero

DESCARGUE: Por Volcamiento



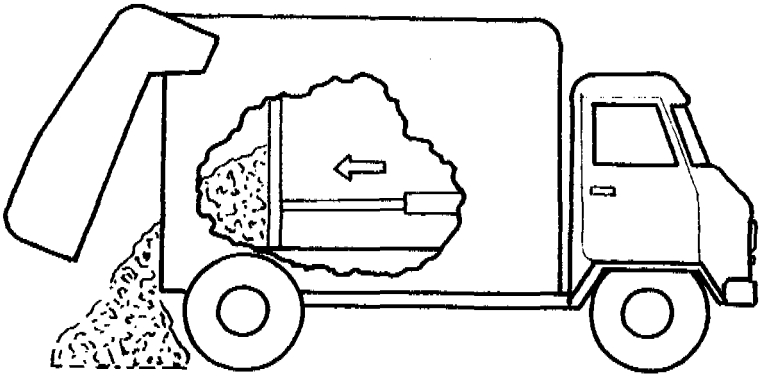
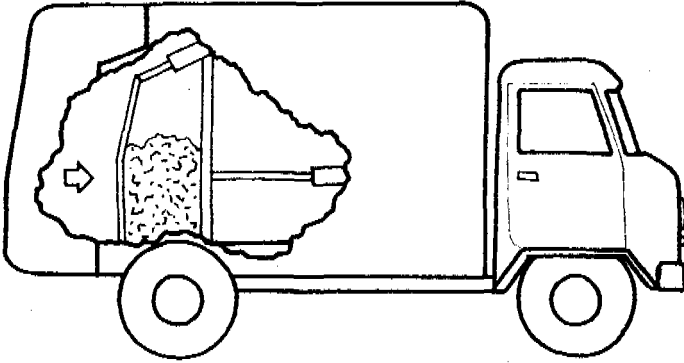
**EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO RECOLECTOR DE BASURA**

TIPO: Compactador

CARGE: Trasero

DESCARGUE: Por placa Expulsora

NOTA: Obsérvese la posición de la placa al comenzar el llenado

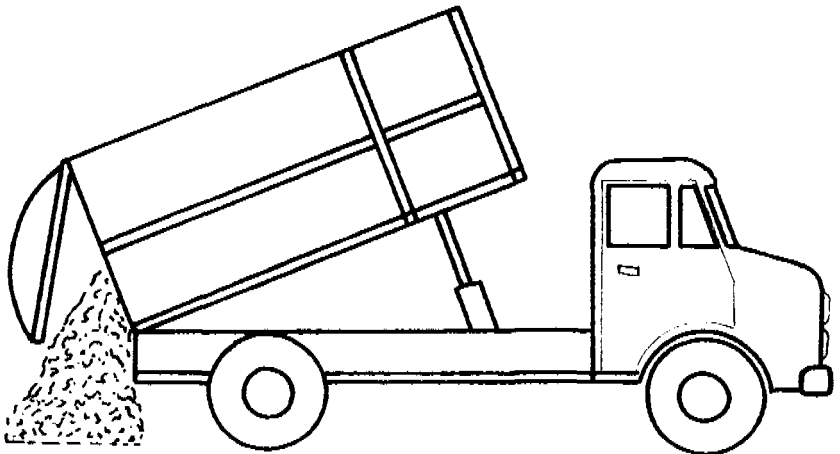
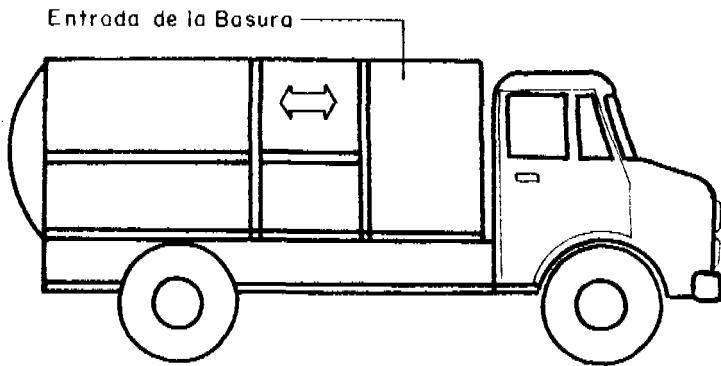


EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO RECOLECTOR DE BASURA

TIPO: Empujador

CARGE: Lateral

DESCARGUE: Por Volcamiento

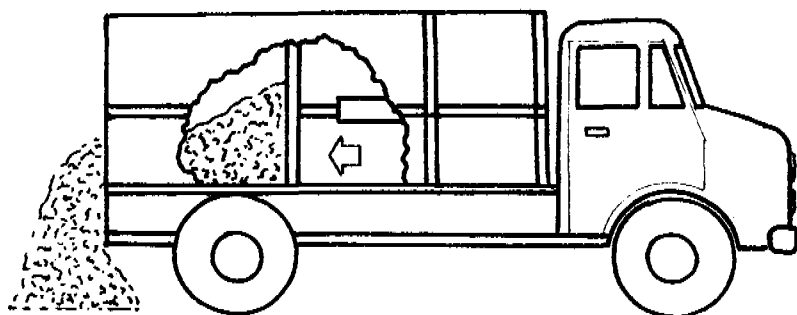
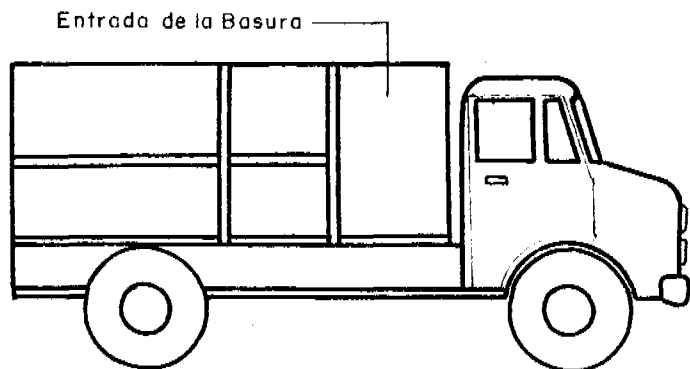


EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO RECOLECTOR DE BASURA

TIPO: Compactador

CARGE: Lateral

DESCARGUE: Por Placa Expulsora

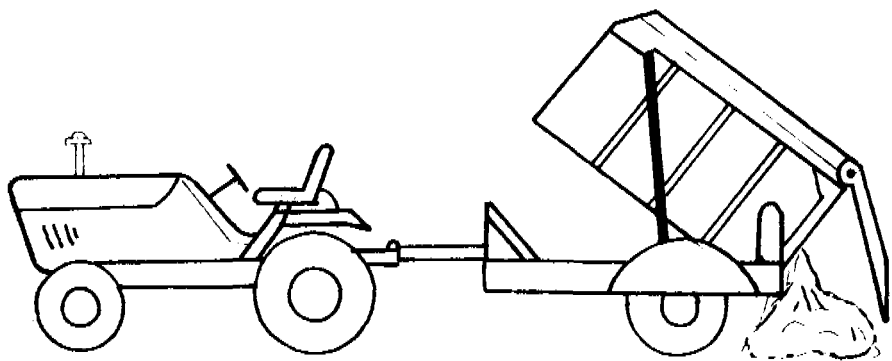
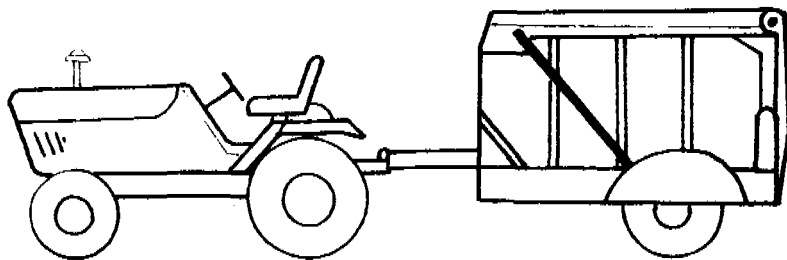


EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN TRACTOR CON REMOLQUE

TIPO: Compactador

CARGE: Trasero

DESCARGUE: Por Volcamiento

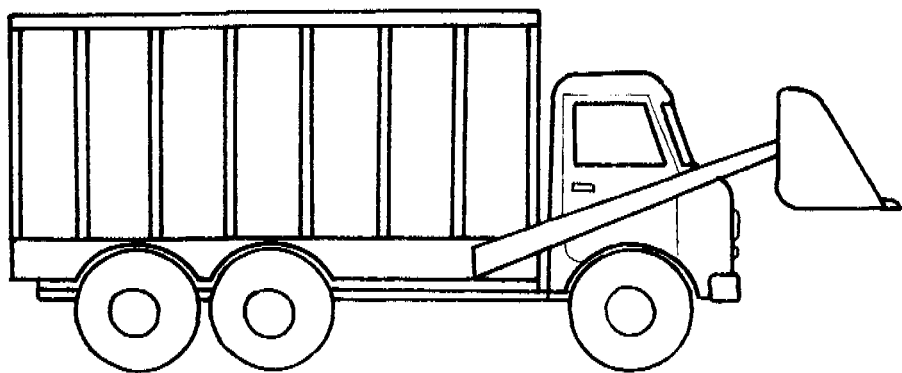


**EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO CARGADOR FRONTAL**

TIPO: Compactador

CARGE: Delantero

DESCARGUE: Por Placa Expulsora

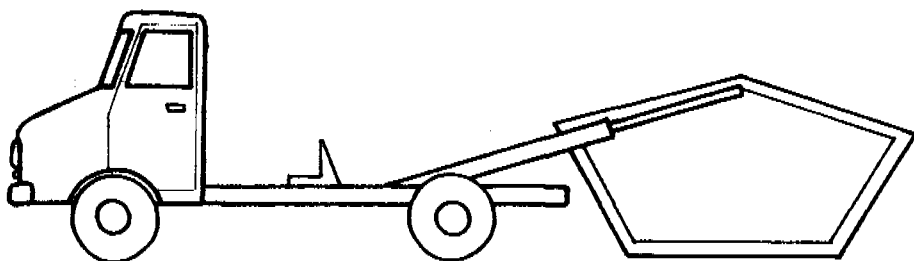
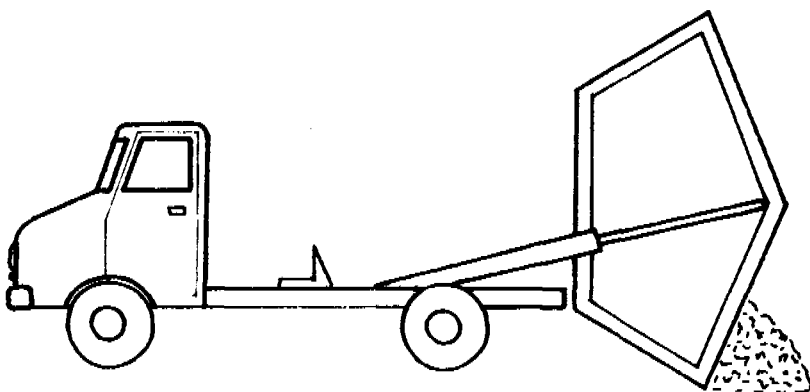
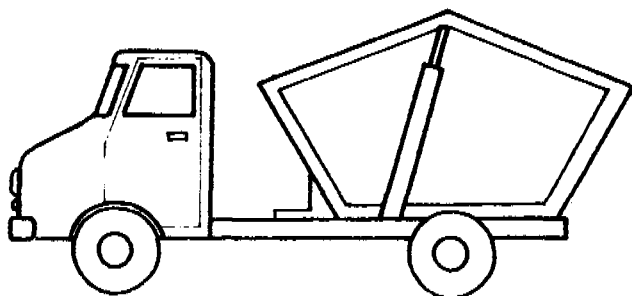


EQUIPOS UTILIZADOS EN ASEO URBANO
ESQUEMA DE UN CARRO GRUA

TIPO: Caja Estacionaria

CARGE: Cuatro Costados

DESCARGUE: Por Volcamiento



4.10 POTENCIA REQUERIDA DEL EQUIPO

Este punto es esencial dentro de la selección del equipo. Debe recordarse que la recolección de basura es de los trabajos más pesados para una máquina: transporte de carga de muchas clases y a muy baja velocidad.

Por tanto la selección ha de ser cuidadosa para no llegar a decidir por camiones con capacidades mayores o menores que la necesaria.

La potencia requerida está principalmente en función del peso total bruto del vehículo cuando está cargado, de la pendiente de la vía por donde debe transitar y de la velocidad de tránsito.

El peso bruto será, además del peso del chasis, el peso de la caja recolectora, el peso de la basura transportada y otros pesos adicionales como el combustible y el personal de la cuadrilla.

El peso de la basura transportada depende del volumen de la caja, del factor de compactación que logre darle a la basura y del peso específico de ésta. De aquí se comprende que para una buena selección del equipo, ha de tomarse muy en cuenta el tipo de caja recolectora que se montaría al chasis y las características de la basura de la zona a recolectar.

La pendiente del terreno y la velocidad son variables; por tanto han de tomarse en las condiciones más críticas, o sea donde pueda producir la mayor necesidad de potencia.

La Potencia necesaria viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Potencia necesaria} = \frac{kPv}{274430} + \frac{sPv}{27443} + \frac{Av^3}{80773}$$

&

Donde:

k = factor que depende de la condición y tipo de superficie de rodamiento, adimensional.

P = Peso vehicular bruto (kilogramos).

v = Velocidad del vehículo (kilómetros/hora).

s = Pendiente del terreno, en porcentaje.

A = área frontal del vehículo, en m².

La potencia requerida vendrá expresada en caballos (HP) y habrá que agregar entre 10% y 15% para tomar en cuenta factores adicionales como ventilador del radiador, compresor de aire, alternador y otros.

Algunos valores de k están dados en la Cuadro #4-2

CUADRO # 4-2
VALORES DE K PARA DIFERENTES SUPERFICIES

SUPERFICIE	K
Concreto, superficie en óptimas condiciones	12,0
Concreto, asfalto, ladrillo	14,5
Recebo apisonado, suelo cemento, macadams	19,5
Tierra	37,0
Recebo suelto	42,0
Arena	127,0
Lodo	132,0

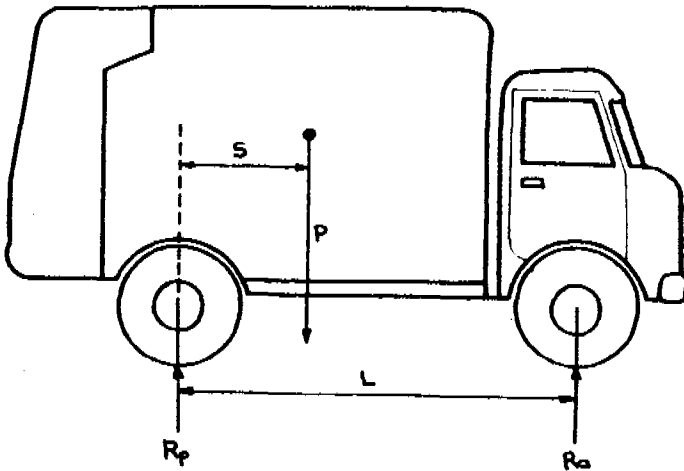
4.11 DISTRIBUCION DE CARGA SOBRE LOS EJES

De otra parte cuando se toma una combinación chasiscaja recolectora, es esencial revisar la distribución de carga sobre los ejes del chasis, ya que cada uno de ellos tiene una determinada especificación de carga admisible máxima dada por el fabricante, que no puede ser sobrepasada.

Es muy común, en los equipos utilizados en nuestro medio, que los chasises tengan una capacidad total no utilizada porque el eje trasero se sobrecarga y queda holgado el eje delantero obligando a colocar un peso muerto en la parte de adelante causando los lógicos sobrecostos.

Lo anterior es ocasionado por que el centro de gravedad de las cajas, sobre todo las de cargue trasero, se desplaza hacia atrás, debido al gran peso de la tolva recolectora.

Gráficamente, la distribución de cargas será:



$$R_p = P \frac{L-S}{L}$$

$$R_a = P \times \frac{S}{L}$$

Donde:

Rp = carga sobre el eje trasero (kilogramos)

Ra = carga sobre el eje delantero (kilogramos)

P = peso total bruto vehicular (kilogramos)

L = longitud entre ejes (centímetros)

S = longitud desde el centro de gravedad hasta el eje trasero (centímetros)

Para calcular Rp y Ra, es mejor calcular inicialmente la componente de Rp y Ra por el chasis (únicamente). Este valor generalmente lo proporciona el fabricante, pero es necesario revisarlo e incluso corregirlo por factores como el peso del combustible y de los pasajeros, que eventualmente puede ser toda la cuadrilla.

Posteriormente se puede calcular la componente de Rp y Ra ocasionada por la caja compactadora, con la basura incluida. Esto se puede hacer mediante las especificaciones de la caja, suministradas por el fabricante, la distribución de la basura dentro de la caja, el factor de compactación y el peso específico de la basura.

En otras ocasiones se puede aprovechar la experiencia propia o de otros, con equipos similares.

La suma de las dos componentes dará la carga total Rp y Ra, las cuales no deben exceder las normas del Instituto Nacional de Transporte (INTRA).

4.12 CENTROIDE DE PRODUCCION

Antes de tratar el punto sobre determinación de las rutas de recolección, es importante definir la noción de Centroide de Producción.

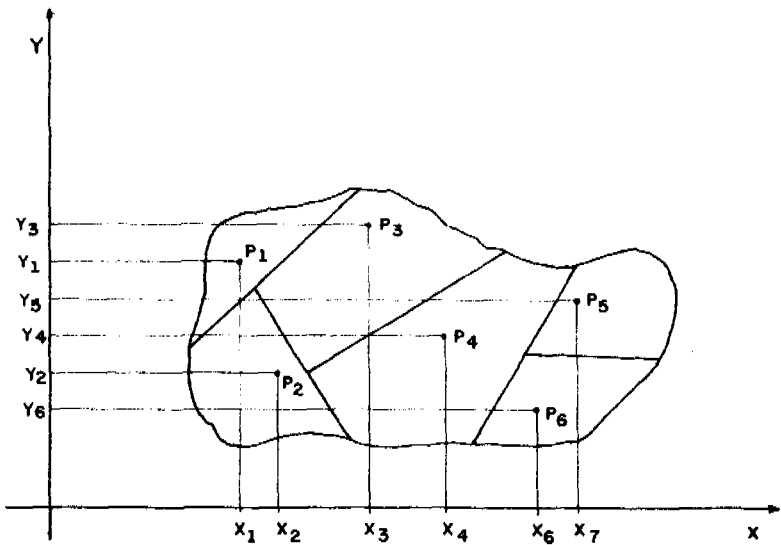
El concepto del Centroide de producción de la basura, es equivalente al concepto de centro de gravedad de un cuerpo. Es el lugar geométrico donde puede suponerse concentrada la producción de basura de un área determinada; sirve para medir las distancias equivalentes del área productora al sitio de disposición final, a la estación de transferencia, al sitio de disposición final o a un lugar determinado.

Para encontrar el Centroide de una zona de producción se determina un eje de coordenadas X y Y cualquiera, como se indica en la Figura # 4-1; la zona a la cual se le va a determinar el centroide se divide en subzonas que sean homogéneas en densidad y producción de basuras (P_i), a cada subzona homogénea se le determina la producción de basuras y las coordenadas X_i y Y_i ; el Centroide será:

$$X_{\text{centroide}} = \frac{\sum (X_i Y_i)}{\sum P_i}$$

$$Y_{\text{centroide}} = \frac{\sum (Y_i P_i)}{\sum P_i}$$

FIGURA # 4-1
DETERMINACION DEL
CENTROIDE DE PRODUCCION DE BASURAS



4.13 MACRO RUTEO

Una vez que se ha definido el tipo de equipo que se utilizará, es necesario calcular las rutas.

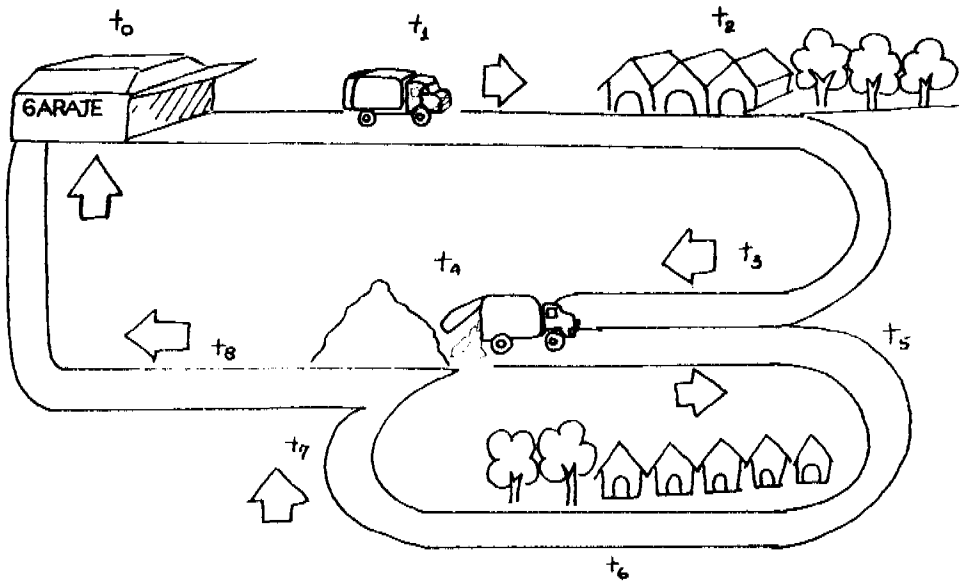
Fundamentalmente se trata de determinar el tamaño de cada una de las rutas en forma tal que la cantidad de trabajo diario que realiza una cuadrilla sea muy similar a la de cualquier otra, con el máximo de utilización de los recursos.

El tamaño de cada una de las rutas, generalmente se determina en función del número de manzanas o kilómetros de vías a servir.

El primer paso será, sobre un plano de la ciudad, dividir la recolección en grandes zonas lo más homogéneas posibles en cuanto a sus características de producción de basuras, topografía, tipo de basura y cuyos límites estén determinados por accidentes geográficos o por instalaciones urbanas. Así un río o una avenida de amplio tráfico servirán como límites. El objeto de esto es lograr una amplia fluidez dentro de las rutas.

Si consideramos ahora los movimientos de un vehículo recolector y asumiendo que viaja dos veces al sitio de disposición final tendremos el esquema de tiempos indicado en la Figura # 4-2, donde:

FIGURA # 4-2
 ESQUEMA DE TIEMPOS
 RECOLECCION DE BASURAS



- t_0 = Tiempo en el garaje antes de salir a ruta.
- t_1 = Tiempo recorrido del garaje a la primera ruta de recolección.
- t_2 = Tiempo de recolección en la ruta 1.
- t_3 = Tiempo recorrido de la primera ruta al sitio de disposición final.
- t_4 = Tiempo de descarga en el sitio de disposición final incluyendo esperas.
- t_5 = Tiempo recorrido del sitio de disposición final a la segunda ruta.
- t_6 = Tiempo de recolección en la ruta 2.
- t_7 = Tiempo recorrido de la segunda ruta al sitio de disposición final.
- t_8 = Tiempo recorrido del sitio de disposición final al garaje.

Es claro que el análisis se puede hacer con mayores rutas servidas diariamente por un vehículo recolector, pero lo más común es que no sean más de 2.

Si T es el tiempo disponible total, descontando de la jornada normal los tiempos de descanso, tendremos:

$$T = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

Se ve clara la importancia que tiene, para efectos de la mejor utilización de los recursos, el tratar de minimizar los tiempos diferentes de t_2 y t_6 ya que hacerlo permitirá maximizar los tiempos de recolección.

Esto puede sustentar la necesidad de definir más lógicamente la localización de los garajes lo más cerca posible al centroide de la producción de las basuras y a estudiar la ubicación de los sitios de disposición final y las estaciones de transferencia.

Si llamamos $t_r = (t_2 + t_6)$ el tiempo disponible para recolección, tendremos:

Tamaño de la ruta en toneladas:

$$\frac{t_r \text{ (minutos)}}{n \times \text{rendimiento}}$$

dado el rendimiento en minutos/tonelada y n el número de veces que se requiere ir hasta el sitio de disposición final. Entre menor sea el valor de n más aumentará t , y por tanto la eficiencia general del servicio tanto en términos de cobertura como de costos. Por tanto, convendrá mantener a n pequeño, lo cual solo se logra con una buena selección de equipo, cuyo tamaño estará determinado por el tamaño de la ruta tanto en peso como en volumen. Ahora, como el problema de manejar basuras es en gran parte de poco peso y mucho volumen, es éste último factor el que se convierte en la mayor restricción de los equipos. Por esta razón se aconsejan los equipos con compactación.

Es evidente igualmente que el tamaño de la ruta, en toneladas y en metros cúbicos, define la capacidad de los equipos de recolección de basura.

Una vez definido el tamaño de la ruta en toneladas o en metros cúbicos se podrá convertir a número de viviendas, o manzanas mediante la utilización de la información sobre la ppc, frecuencia de recolección y densidad de población.

Por ejemplo, el tamaño de la ruta en manzanas sería:

Tamaño ruta en toneladas $\times 1000 / (ppv \times f \times d)$ donde f será la frecuencia de recolección en días y d la densidad poblacional en viviendas por manzana que fácilmente puede obtenerse a partir de los datos censales o de la oficina de Planeación Municipal.

Con el tamaño de ruta, sobre el plano y para cada una de las zonas anteriormente definidas, se hará la distribución de ellas.

Algunos principios generales recomiendan los siguientes criterios:

- Las rutas no deben solaparse.
- Las rutas establecidas regularmente en días fijos de la semana reciben mayor cooperación de la comunidad.
- El proceso de determinación de rutas es esencialmente un proceso de prueba y error.
- Después de días o semanas de trabajo en los cuales se ha probado la ruta, ésta puede marcarse definitivamente en un plano de trabajo.
- Además de un plano de trabajo es recomendable la utilización de hojas separadas con diagramas de las posibles rutas.
- Si bien es recomendable un diseño regular y lógico, la topografía accidentada, limitaciones de calles estrechas u otras circunstancias determinarán modificaciones del trazo regular.

Una vez definidos los límites de las rutas, es necesario revisar para cada una de ellas la información sobre la cual se obtuvo su tamaño y corregir con base en la determinación ya más precisa de los tiempos de transporte. Esto implicará cambios menores en la conformación de las rutas.

Adicionalmente, la determinación de las rutas deberá estudiarse cada vez que haya cambios en los siguientes factores:

- Frecuencia de recolección.
- Métodos de recolección.
- Tamaño de la cuadrilla.
- Tipo o tamaño del equipo.
- Sitio de disposición final.
- Densidad de la población.

4.14 MICRO RUTEO




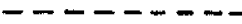

En este proceso, se se traza sobre la ruta ya definida cual es la trayectoria de recolección, desde su inicio hasta la terminación.

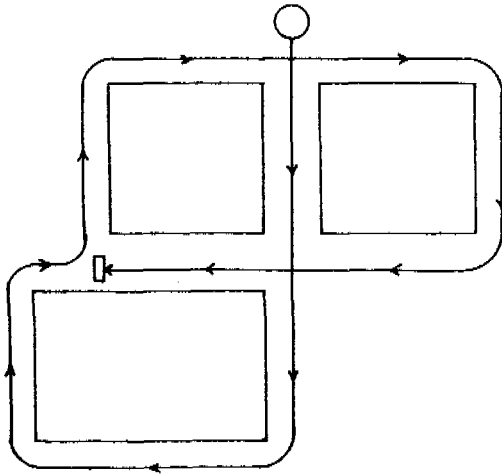
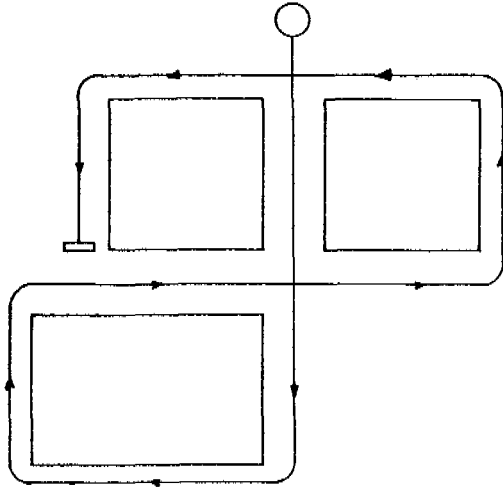
Aún cuando existen métodos sofisticados para la solución de este problema, incluyendo la simulación mediante computadoras, son tan variables los factores que concurren a él que se prefiere utilizar ciertas reglas prácticas mezcladas con sentido común.

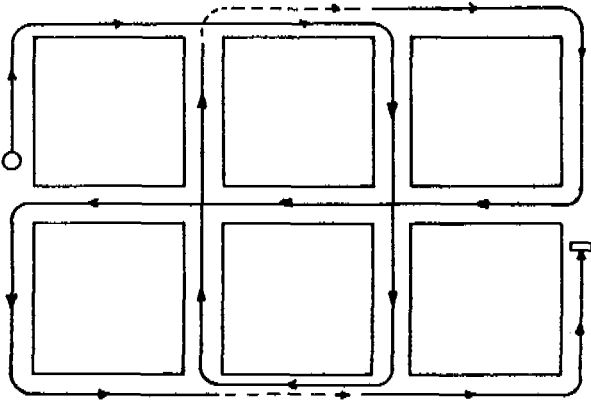
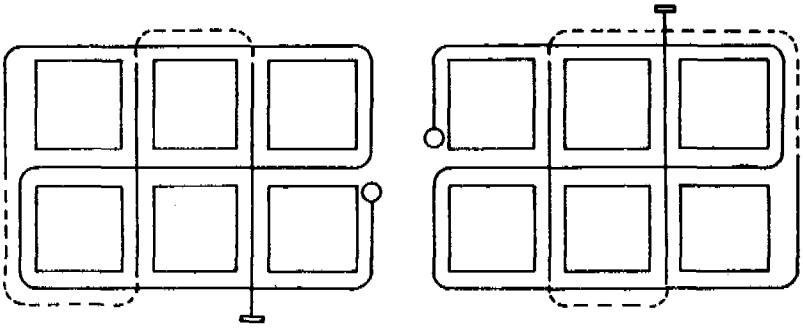
Estas reglas incluyen:

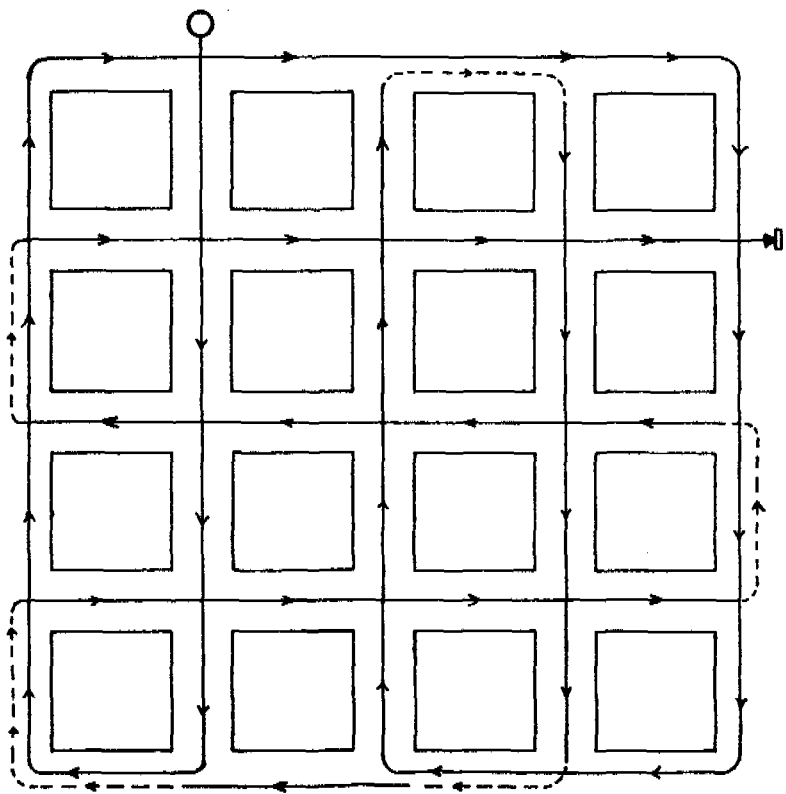
- Las rutas de recolección deberán empezar lo más cerca al garaje, tanto como sea posible.
- Las rutas deberán terminar lo más cerca posible del sitio de disposición final.

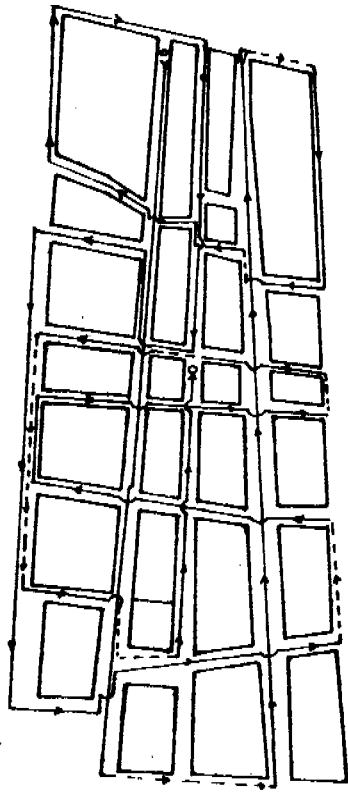
- Las calles de intenso tráfico no deberán ser recolectadas en las horas "pico".
- El servicio a calles sin salida puede efectuarse desde el segmento de calle principal que ellas interceptan. Se recolectarán cuando la calle sin salida quede a la derecha del conductor.
- Diseñar el mínimo posible de cruces a la izquierda.
- Las calles sin salida que se recolecten se harán con servicio a pie, con marcha atrás de los vehículos o con vueltas en U.
- Se debe empezar la recolección por las partes más altas.
- Para recolección de ambos lados de la calle es preferible hacerlo en tramos largos sin vueltas.
- Aún cuando las rutas no deben traslaparse, en los límites comunes se pueden complementar unas con otras.
- Nunca se debe recolectar basura en contra vía.
- Para ciertos tipos de configuraciones de manzanas, deberán emplearse patrones específicos de ruteo, algunos de los cuales se describen a continuación (teniendo en cuenta las siguientes convenciones):

- * Inicia la recolección 
- * Termina la recolección 
- * Recolecta Basura 
- * No Recolecta Basura 
- * Sentido del tránsito del vehículo 









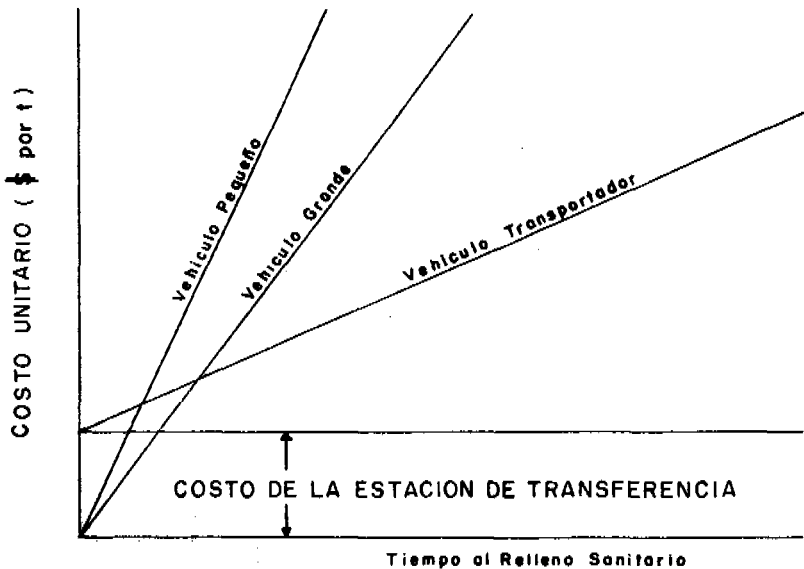
4.15 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

Los vehículos recolectores, por sus características de diseño, no son apropiados para transportar basura a largas distancias. Si los vehículos son muy grandes tiene buena capacidad de carga pero dañan las vías de la ciudad y presentan problemas de movilidad; los vehículos pequeños superan los problemas enunciados pero los costos se aumentan por la operación. Una Estación de Transferencia se justifica cuando los costos de transporte de basura con la Estación son menores que sin la Estación. La Figura # 4-3 muestra que evidentemente es mas económico transportar basura en vehículos grandes y que existe un momento, cuando por costos del transporte de la basura, se deben establecer Estaciones de Transferencia.

Las Estaciones de Transferencia, de acuerdo con las necesidades, pueden ser con almacenamiento o sin almacenamiento; las primeras tienen la ventaja que en las horas pico de llegada de los vehículos recolectores almacenan la basura o dicho de otra manera los recursos de transporte son mínimos porque la recolección se efectúa durante ocho o doce horas, mientras que el transporte se efectúa durante doce o veinticuatro horas.

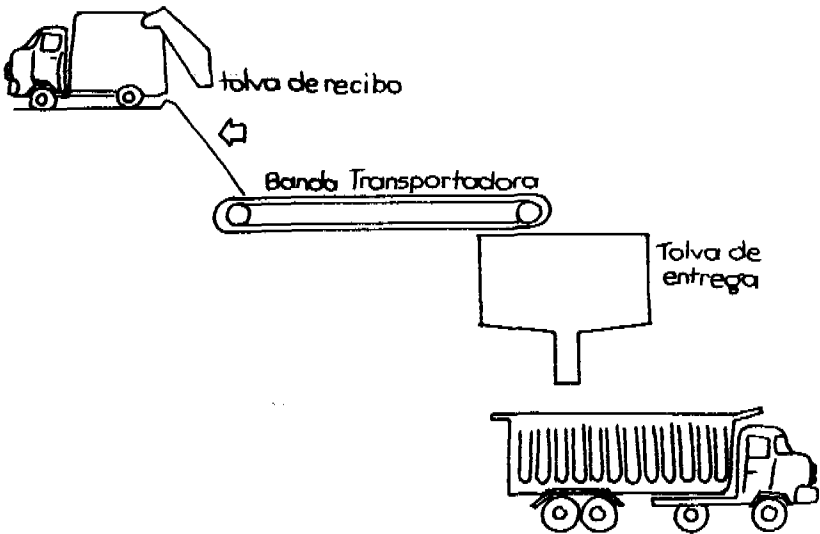
El sistema de Estaciones de Transferencia con Almacenamiento puede presentar la ventaja que los equipos en los Rellenos Sanitarios son mejor utilizados, porque operan durante veinticuatro horas lo mismo que los equipos de transporte, en cambio los equipos de recolección operan menos tiempo por las dificultades reconocidas de la operación nocturna.

FIGURA # 4-3
TRANSPORTE DE BASURAS
VEHICULOS RECOLECTORES
Y
VEHICULOS TRANSPORTADORES



Las Estaciones de Transferencia, también pueden ser con o sin recuperación. Para hacer recuperación en una Estación de Transferencia, sencillamente se coloca una banda transportadora entre la tolva de recibo y la tolva de entrega, como se muestra en el Figura # 4-4. Desde el punto de vista de Ingeniería una Estación de Transferencia con recuperación es una obra con las complicaciones normales, pero desde el punto de vista de política del manejo de las basuras las Estaciones de Transferencia con recuperación presentan algunos problemas:

FIGURA # 4-4
ESTACION DE TRANSFERENCIA CON RECUPERACION



- La Basura se debe recuperar "en la Fuente" porque es de mejor calidad y es más económico recuperarla sin mezcla. Es ilógico, por ejemplo, tirar el papel a la basura en la casa para posteriormente recuperarlo en la Estación de Transferencia. Es más lógico recuperarlo en la vivienda donde está limpio y la operación es más sencilla.
- Tener exceso de personal dentro de la Estación de Transferencia puede presentar dificultades por el riesgo de accidentes.

Las Estaciones de Transferencia pueden ser con o sin compactación. Las que tienen compactación reducen el volumen de las basuras y aumentan la eficiencia del transporte y del equipo compactador en el relleno sanitario; sin embargo están entrando en desuso por las dificultades de mantenimiento de los sistemas de compactación.

a) Localización

Teóricamente una Estación de Transferencia debe estar ubicada en el Centroides de la producción de las basuras para que el recorrido de los vehículos recolectores sea mínimo, sin embargo en la práctica esto no siempre es posible.

La localización de una Estación de Transferencia no es solamente función de la distancia al Centroides, existen muchos factores adicionales que se deben "pesar" para tomar la

decisión de la mejor ubicación; es recomendable seguir el mismo procedimiento de los sobrepuestos, indicado para localizar el sitio de disposición final de las basuras (ver capítulo sexto).

Los factores más importantes para localizar la Estación de Transferencia son:

- Ubicación del Centroides de producción de basuras.
- Vías de acceso, estado de ellas, planes de ampliación.
- Areas disponibles.
- Ocupación actual y futura de los alrededores del probable sitio.
- Densidad poblacional del área probable.
- Efecto de la congestión del tránsito vehicular sobre las vías de acceso.
- Impacto del tránsito automotor sobre la comunidad.
- Volumen de basuras a manejar.
- Número de viajes que llegan a la Estación de Transferencia.

- **Número de viajes que salen de la Estación de Transferencia.**
- **Ubicación de o de los sitios de Disposición Final.**
- **Producción actual y futura de basuras.**

b) Diseño

El Diseño de una Estación de Transferencia es función de muchos factores. Entre los más importantes están los siguientes:

- **Tipo de Estación con relación al almacenamiento, recuperación y compactación de basura.**
- **Cantidad y Calidad de la basura a Transferir.**
- **Equipo de recolección disponible.**
- **Equipo de manejo de basuras a utilizar dentro de La Estación de Transferencia.**
- **Sistema interno de tránsito de los vehículos.**

El diseño de la Estación de Transferencia es un manejo de niveles. Los vehículos recolectores entran y descargan en una tolva que entrega a un sistema donde finalmente los vehículos transportadores reciben la basura para llevarla al sitio de disposición final.

Dentro de las instalaciones físicas a tener en cuenta en el diseño están las siguientes:

- Explanación y Excavación.
- Concretos, cimientos y muros.
- Pavimentos.
- Báscula y Caseta de control.
- Cerramiento con mallas metálicas y árboles.
- Arborización y césped.
- Adecuación del sitio, vías adicionales de penetración.
- Servicios públicos de energía, acueducto, alcantarillado y teléfono.
- Instalaciones y espacios para las oficinas de administración.
- Cubierta para el área de Transferencia.
- Equipos de operación.

Con relación a los Equipos de Transporte los vehículos denominados tractomulas parecen ser los más adecuados, entre otras razones porque una "caja" puede estar llenándose mientras que la " Unidad de tracción" está transportando otra "caja" hasta el sitio de disposición final. Las cajas de transporte deben ser de máxima capacidad y permitir un confinamiento de la basura para

evitar que ésta se riegue en las vías por acción del viento. De igual manera el diseño de la Estación de Transferencia debe estar de acuerdo con el tipo de cajas para lograr una máxima eficiencia.

Las Estaciones de Transferencia, de acuerdo con su capacidad, necesitan equipo para manejar la basura dentro de sus instalaciones, normalmente este equipo está conformado por bulldozer y palas grúas.

Al diseñar una Estación de Transferencia debe tenerse presente el personal que labora; normalmente es un administrador, un operador para la báscula, los ayudantes que colaboran con el aseo interno y externo, los operadores de los camiones de los bulldozer y de la pala grúa y los correspondientes ayudantes.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION GENERALE DES HYGIENISTES ET TECHNICIENS MUNICIPAUX. Técnicas de Higiene Urbana. Versión española. Instituto de Estudios de Administración local. Madrid. 1.977.

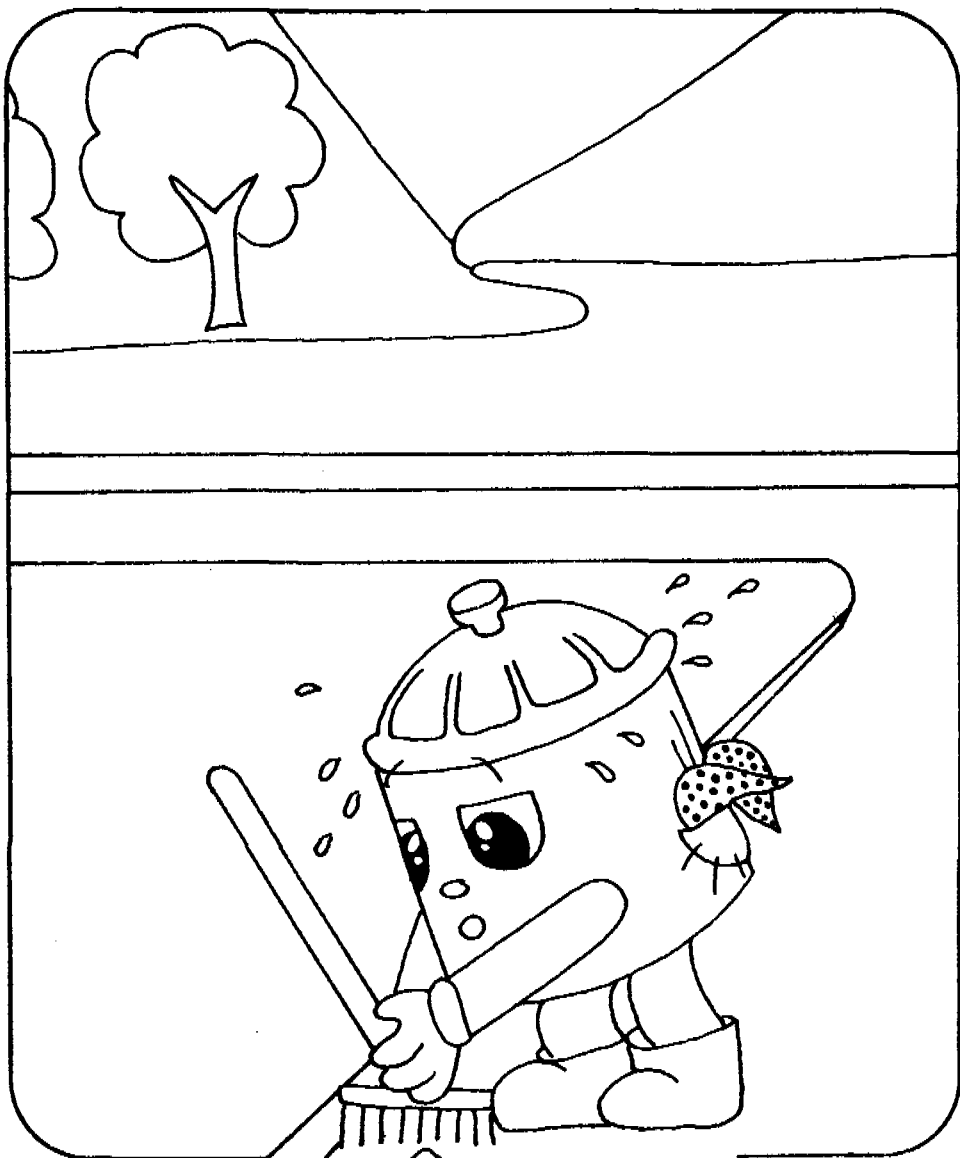
GARZON, Camilo. Estaciones de Transferencia. Curso Intensivo sobre Manejo Integral de los Residuos Sólidos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Bogotá. Agosto de 1.981.

HERRERA, Alberto. Selección y Mantenimiento de Equipos. Curso Intensivo sobre Manejo Integral de los Residuos Sólidos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Bogotá. Agosto de 1.981.

SHUSTER, K. SCHUR, D. Heuristic Routing for solid waste collection vehicles, U.S. Environmental Protection Agency. 1.976.

TCHOBANOGLIOUS, George. THEISEN, Hilary. ELIASSEN, Rolf. Solid Wastes. Mc Graw Hill Book Company. 1.977.

UNIVERSIDAD DEL VALLE. Recolección de desechos sólidos y limpieza de vías. Manual del curso. Cali. 1977.



CAPITULO QUINTO

BARRIDO DE CALLES Y
LIMPIEZA DE AREAS PUBLICAS

CAPITULO QUINTO BARRIDO DE CALLES Y LIMPIEZA DE AREAS PUBLICAS

5.1 GENERALIDADES

Una Empresa de Aseo Urbano tiene tres grandes responsabilidades:

- **Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos.**
- **Disposición Final y**
- **Barrido de calles y Limpieza de las Areas Públicas.**

En esta capítulo nos ocuparemos de la última de éstas responsabilidades, que normalmente es olvidada por las Empresas de Aseo.

El aseo de las vías y lugares públicos comprende el barrido, la recolección y el transporte de los residuos arrojados a las calles y áreas públicas, en gran parte por la población y en poca cantidad por operaciones comerciales, industriales y por lluvias y vientos propios de la región; se piensa que el factor educativo puede disminuir en alta proporción el problema de la limpieza de las vías y lugares públicos; éste puede ser un enfoque interesante para las empresas responsables de prestar el servicio.

Una empresa puede tener un excelente sistema de recolección de basuras pero si falla en el barrido y limpieza de vías pierde gran parte de su labor; es interesante anotar que la empresa tiene obligación de demostrar su capacidad de limpieza de vías y lugares públicos para poder "exigir" aseo a la comunidad; una empresa que no cumple sus funciones no puede, ni tiene derecho, de pedir a la comunidad que no ensucie las calles ni los parques.

La frecuencia del barrido, depende de la cantidad de basura que se deposita; la frecuencia normal parece ser una vez a la semana para lugares con buenos depósitos estacionarios y cultura de la población; no se puede establecer una regla fija para el barrido de las calles; los alrededores del estadio municipal, por ejemplo, se deben barrer después del partido de fútbol, la plaza de mercado exige más barrido el día que habitualmente acostumbre a comprar el público; en resumen, la frecuencia del barrido es

función inversa a la cultura de la población, de la acción educativa de la empresa y de su eficiencia y es función directa de la producción de los residuos sólidos.

En general se pueden recomendar las siguientes frecuencias:

- Zona comercial: 2 veces al día.
- Zona central: 1 vez al día.
- Zona residencial: 3 veces a la semana.

Puede existir disparidad de conceptos sobre las frecuencias indicadas. Por ejemplo Management of Solid Waste in Developing Countries, recomienda:

- Calles comerciales y zona central: 5 veces al día
- Zona de mercado: 5 veces al día
- Calles principales y zona central: 2 veces al día
- Calles comerciales suburbanas: 2 veces al día
- Calles secundarias de la zona central: 1 vez al día
- Calles principales suburbanas: 1 vez al día
- Calles residenciales, zona de bajos ingresos: 3 veces a la semana
- Calles residenciales, zona de altos ingresos: 1 vez a la semana

5.2 BARIDO MANUAL

Este tipo de barrido es tradicional: un hombre, una escoba, un carro de mano y una pala recolectora.

La escoba es de fibra plástica o vegetal; la pala y el carro transportador pueden tener diferentes modelos: parece que influye mucho el gusto o la costumbre de los barrenderos por la forma de palas y de carros -los hay de ruedas grandes, pequeñas, intermedias-, ya que no se observa diferencia en el rendimiento de los obreros según sea uno u otro el tipo de carro de mano; al contrario, hay reacciones desfavorables cuando se les cambia el modelo.

Es necesario estudiar más estos aspectos para llegar a conclusiones y recomendaciones válidas y efectivas.

En cuanto al sexo de los obreros, parece ser que el rendimiento de los hombres es ligeramente mejor que el de las mujeres; sin embargo se han presentado pugnas por mantener el cargo y en estas circunstancias algunas mujeres igualan y superan la eficiencia de los hombres.

Las empresas que han contratado mujeres para barrido de calles han tenido problemas de baja eficiencia por la lógica y necesaria protección a la mujer durante el embarazo y la lactancia.

El número de obreros por cuadrilla también debe estudiarse; puede haber un obrero que barre, mueve el carro y recoge; dos obreros: uno que barre y otro que recoge y lleva el carro; tres obreros: uno barre, otro recoge y otro mueve el carro; la experiencia muestra que la mayor eficiencia se obtiene con un obrero haciendo las tres labores.

La acción del barrido es por cada lado de la vía preferencialmente, por razones de seguridad, en sentido contrario del flujo vehicular. Primero el obrero barre un tramo, regresa por el carro y la pala para recoger la basura, es decir que recorre tres veces el tramo que barre. El rendimiento es del orden de 250 metros/hora-obrero, es decir aproximadamente 2 kilómetros por jornada-obrero. Para obviar la dificultad de la pérdida de tiempo cuando se llena el carro y no se le recibe el producto de la recolección, se debe utilizar un talego plástico que se coloca previamente en el carro de mano, cuando éste se llena se le hace un nudo, se voltea el carro y se deja el talego a un lado de la vía para que lo recoja posteriormente un vehículo asignado a esta función; de esta manera el rendimiento puede aumentar considerablemente.

Para estimar el número de obreros y equipo, es necesario conocer previamente la longitud de las calles por barrer, las políticas asignadas en cuanto al número de veces que se barre la calle por unidad de tiempo y el rendimiento de barrido.

Ejemplo: se desea barrer manualmente las calles pavimentadas de una determinada población de acuerdo con los siguientes criterios:

Calles de zona comercial:	2 veces/día
Calles de zona central:	1 vez/día
Calles de zona residencial:	1 vez/semana

La longitud de las calles por barrer es la siguiente:

Zona comercial:	10 kilómetros
Zona central:	30 kilómetros
Zona residencial:	80 kilómetros
Total:	120 kilómetros

Barrer las calles por las cunetas implica el doble de la longitud real, es decir:

Zona comercial:	20 kilómetros
Zona central:	60 kilómetros
Zona residencial:	160 kilómetros
Total:	240 kilómetros

De acuerdo con las políticas de frecuencia de barrido la longitud diaria de barrido será:

Zona comercial: 20 x 2 =	40 kilómetros/día
Zona central: 60 x 1 =	60 kilómetros/día
Zona residencial: 160 x 1/6 =	27 kilómetros/día
Total:	127 kilómetros/día

Lo anterior equivale a enunciar que para mantener el barrido de 120 kilómetros de esa población es necesario barrer diariamente el 106% de su longitud.

Para calcular el personal necesario para el barrido manual se puede utilizar la siguiente expresión:

$$Nh = \frac{L}{R}$$

- Nh = número de hombres necesarios
- L = longitud a barrer en kilómetros
- R = rendimiento de barrido en kilómetros/jornada.

Para nuestro ejemplo, con un rendimiento de 2 kilómetros por obrero-jornada tenemos:

$$Nh = \frac{127}{2} = 64 \text{ obreros}$$

Debe tenerse en cuenta que algunas entidades utilizan el rendimiento por ambos lados de la vía que es justamente la mitad de la utilizada en este ejemplo.

5.2.1 PREPARACION DE LAS RUTAS

Para preparar las rutas, es necesario conocer: la capacidad del carro de mano (normalmente es del orden de 200 litros); la producción de basura, su peso específico y las horas de mayor producción o en otros términos la capacidad del carro de mano, el peso específico de la basura y el rendimiento de recolección.

Una vez obtenida esta información se procede a fijar las rutas siguiendo el método de "error - corrección" hasta tener suficiente certeza de su funcionamiento para adoptarlas en definitiva y continuar con programas periódicos de supervisión para posteriores ajustes.

El diseño de la ruta de barrido debe hacerse preferiblemente siguiendo las siguientes normas:

- Barrido en dirección contraria a la circulación normal de los vehículos automotores, por elemental protección de los trabajadores.
- Barrido en línea recta (preferencial)
- Barrido en la dirección del viento.
- Barrido en bajada.

- Antes de iniciar el barrido se debe colocar en el carro de mano un talego de plástico en el que se depositan los residuos.
- Cuando el talego de plástico se llene, se voltea y se deja sobre el borde del andén para que posteriormente lo recoja un vehículo especializado.

El diseño del vehículo especializado en recoger los talegos se hará de tal manera que complete un viaje y los talegos permanezcan el mínimo de tiempo en la calle.

5.3 BARRIDO MECANICO

El barrido mecánico tiene un rendimiento superior al manual, siempre y cuando la vía esté bien pavimentada, tenga un buen alcantarillado de aguas lluvias y los vehículos no estacionen sobre ellas. Una barredora mecánica puede remplazar el trabajo de 30 hombres aproximadamente, pero en las condiciones de nuestras vías, es decir, sin buen pavimento, con muchos huecos, con residuos de arena y piedras de los fenómenos pluviales y con vehículos estacionados en las vías, la eficiencia de la máquina no puede remplazar al hombre.

En muchos lugares donde sobra mano de obra, no se puede, desde el punto de vista social, remplazar el hombre por la máquina.

Una máquina barredora consta esencialmente de:

- Un cepillo horizontal de eje giratorio que recoge la basura a lo ancho de la máquina.
- Dos cepillos verticales de eje giratorio para el barrido de las cunetas.
- Un sistema de almacenamiento de basuras.
- Un sistema de almacenamiento de agua para mejorar la eficiencia del barrido y evitar el levantamiento de polvo.

La velocidad de barrido es entre 5 km/hora y 15 km/hora siendo el rendimiento mejor a bajas velocidades (el Programa Nacional de Aseo Urbano, PRONASU, recomienda diseñar con un rendimiento de 8 kilómetros/hora-máquina); la recolección de basura varía entre 1,5 m³/hora y 3 m³/hora con un consumo de agua entre 250 m³/hora y 625 m³/hora; la duración de los cepillos varía según su uso, en condiciones normales el cepillo de eje vertical trabaja entre 300 kilómetros a 500 kilómetros y los verticales entre 600 a 800 kilómetros.

Para estimar la utilización de una máquina barredora es necesario conocer la longitud de las vías, su estado, las políticas en cuanto a número de veces a barrer al día, la reglamentación en cuanto al estacionamiento de vehículos, la densidad del tráfico automotor, la ubicación del garaje y del sitio de disposición de la carga (basura), los posibles sitios de cargue de agua, el consumo de agua, el número de recargas de agua y la velocidad de desplazamiento de la máquina.

Para calcular aproximadamente la utilización de una máquina barredora se presenta el siguiente ejemplo:

Se desea barrer con equipo mecánico las calles pavimentadas de una determinada población de acuerdo con los siguientes criterios:

Autopistas:	2 veces/día
Avenidas:	1 vez/día
Calles de zona residencial:	1 vez/semana

La longitud de las calles por barrer es la siguiente:

Autopistas:	10 kilómetros
Avenidas:	30 kilómetros
Calles de zona residencial:	80 kilómetros
TOTAL	120 kilómetros

Para barrer las calles por las cunetas, implica el doble de la longitud real es decir:

Autopistas:	20 kilómetros
Avenidas:	60 kilómetros
Calles de zona residencial:	160 kilómetros
TOTAL:	240 kilómetros

De acuerdo con la frecuencia de barrido la longitud diaria será:

Autopistas: 20 x 2	40 km/día
Avenidas: 60 x 1	60 km/día
Calles de zona residencial: 160 x 1/6	27 km/día
TOTAL:	127 km/día

Lo anterior equivale a enunciar que para mantener el barrido mecánico de 240 kilómetros de esa población es necesario barrer diariamente el 106% de su longitud.

Para calcular el equipo necesario para el barrido mecánico se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Nm = \frac{L}{R}$$

Nm = número de máquinas necesarias

L = longitud a barrer en kilómetros

R = rendimiento de barrido en kilómetros/hora.

Para nuestro ejemplo, con un rendimiento de 8 kilómetros por máquina-hora tenemos:

$$Nm = \frac{113}{8} = 14 \text{ horas-máquina/día}$$

Se debe tener en cuenta que algunas entidades utilizan el rendimiento por ambos lados de la vía que es justamente la mitad doble de la utilizada en este ejemplo.

Comparando este ejemplo con el efectuado para barrido manual se encuentra que una máquina barredora hace en una hora el mismo trabajo que aproximadamente 32 obreros.

5.3.1 PREPARACION DE LAS RUTAS

Para preparar las rutas es necesario conocer: la capacidad del o de los vehículos de barrido y sus características; la producción de basura, su peso específico y las horas de mayor producción; los planos actualizados de las vías pavimentadas y su estado, reglamentación sobre parqueo en vías públicas y densidad del tráfico; políticas en cuanto a número de veces a barrer al día o semana las vías públicas; la ubicación del garaje, del sitio de transferencia de la basura recolectada por el equipo mecánico a otro tipo de vehículo o si es el caso el sitio de disposición final, y los sitios de cargue de agua.

Al diseñar las rutas se deben tener en cuenta, las siguientes normas:

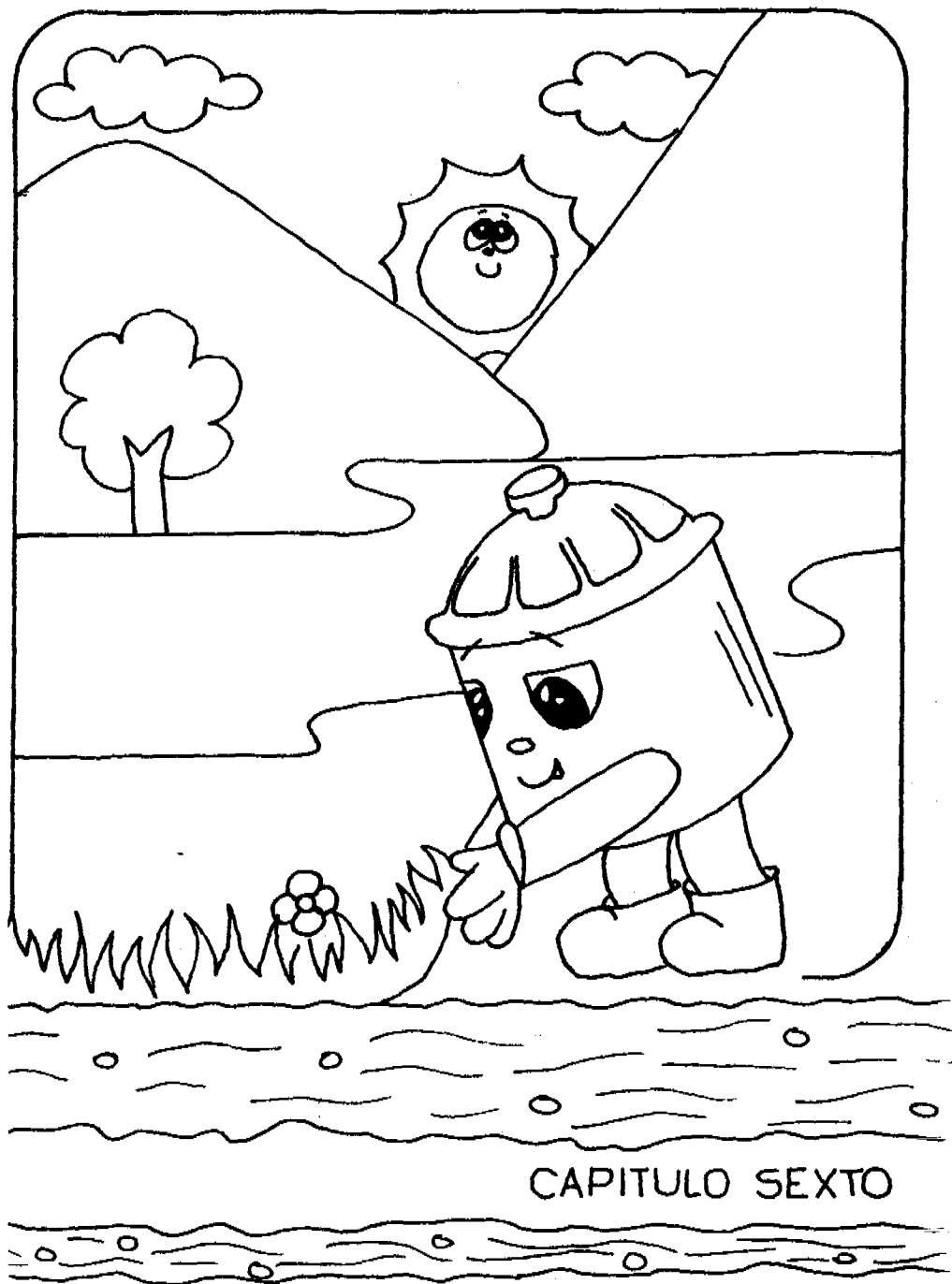
- Nunca se debe barrer en contravía.
- Preferencialmente se debe diseñar el recorrido siguiendo la calle por la cuneta, con el menor número posible de cruces; los cruces a la izquierda y en U solo deben proyectarse en casos de extrema necesidad.
- Se debe barrer, preferencialmente, en la dirección del viento.
- Se debe barrer, preferencialmente, en bajada.
- Se debe barrer en las horas de menor tránsito vehicular y peatonal.

Una vez terminado el diseño inicial y antes de entregarlo a los operadores de los equipos, se debe reconocer en el terreno para hacerlos ajustes necesarios; posteriormente, se les entrega la ruta en planos y memorias, se estudian los resultados, se evalúan, se reajusta el diseño y se adopta definitivamente; sin embargo, y con el objeto de mejorar el servicio constantemente, es conveniente mantener una buena supervisión y un sistema de evaluación para hacer los cambios necesarios.

BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA. Ministerio de Salud. Dirección de Saneamiento.
Programa Nacional de Aseo Urbano, (PRONASU). Bogotá.
1975.

DAVILA, Enrique. GALVEZ, Francisco. Limpieza de Vías y Areas
Públicas. Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de Mejoramiento
de los Servicios de Aseo Urbano, Julio de 1981. Lima, Perú.



CAPITULO SEXTO

DISPOSICION FINAL

CAPITULO SEXTO DISPOSICION FINAL

6.1 GENERALIDADES

El problema de la Disposición Final de las Basuras es antiguo; los griegos lo resolvieron a su manera cuando postularon el lema "aleja de ti la basura o enfermarás".

El hombre en un principio era nómada y con sus basuras totalmente orgánicas, contribuía al ciclo biológico llevando semilla, sembrando y abonando los terrenos; se civilizó y dejó sus basuras en "cualquier parte", creció la familia, los hijos se establecieron y apareció la vereda que restringió el espacio, es decir, ya la basura no se podía dejar "en cualquier parte".

Ante los problemas generados por los olores, vectores y humos provenientes de las basuras, el hombre tuvo que ceder y alejar sus residuos cada vez más; pensó en quemarlos y fracasó, en hacer compost y también fracasó, entonces pensó en el

Relleno Sanitario que "parece ser la solución", al menos hasta hoy o hasta que se tecnifique la Recuperación, la Reutilización y hasta que el hombre disminuya la Producción.

Sabemos que el Relleno Sanitario no es la solución perfecta, porque entre otros, es "enterrar energía", es poner en riesgo las aguas subterráneas y superficiales, pero con la tecnología actual, es la mejor solución y tenemos que hacerlo ya, causando el menor daño a la naturaleza y al hombre.

6.2. SOLUCIONES ACTUALES

El hombre hizo la primera rueda, los engranajes, la máquina, la caldera, las naves, llegó a la Luna y durante toda su historia ha hecho descubrimientos e inventos para vivir mejor, sin caer en cuenta que la contaminación para producir ese bienestar está poniendo en peligro su propia existencia.

La Ingeniería ha dado respuesta a los problemas de la Disposición Final de los Residuos Sólidos; pero dicha sea la verdad, las soluciones encontradas han sido para períodos históricos cortos; es así, como la Incineración, que es uno de los métodos más antiguos, se desarrolló y tecnificó a finales del siglo pasado y se creyó que era la solución ideal porque reduce el

volumen y peso, deja residuos inodoros, no combustibles, homogéneos, de mejor aspecto y sin valor para la procreación de insectos y roedores; pero creó otro problema, que es el de la contaminación atmosférica, el cual unido a los altos costos del combustible, de construcción y mantenimiento de los incineradores, lentamente fueron eliminando este sistema, que ahora es útil solo para residuos especiales, como los hospitalarios.

Como solución a los problemas derivados de la incineración, la ingeniería desarrolló las técnicas del compost que en términos generales, es un método que acelera la descomposición biológica de los residuos hasta obtener un humus estabilizado. Estas técnicas se mejoraron en Europa entre 1920 y 1930 y prácticamente reemplazaron los incineradores, hasta que se demostró que el producto final no tenía mercado y no podía competir con los fertilizantes y adecuadores de tierra comerciales. Aquí empezó la crisis de éste método que afectó inclusive poblaciones colombianas como Armenia y Medellín.

Ante estos problemas se pensó que los Rellenos Sanitarios eran la solución en los países altamente desarrollados, en vías de desarrollo y sin ningún desarrollo.

Pero, a largo plazo, éste tampoco es el método o al menos el único; porque cada vez se dificulta más la consecución de terrenos aptos para Relleno, porque la población crece rápidamente, porque la basura es cada vez menos biodegradable y básica-

mente porque los Rellenos Sanitarios están tapando el despijarro de los recursos naturales.

6.3 SOLUCIONES FUTURAS

Se debe reconocer que las soluciones próximas futuras de la disposición final de los desechos sólidos, ya empezaron en el mundo y en Colombia.

Son la reutilización y el reciclaje. El primero es volver a utilizar el material de desecho, por ejemplo una silla de madera; se vuelve a usar como silla de madera; una botella de vidrio, se lava y vuelve a envasar líquidos; el reciclaje, como su nombre lo indica es la utilización de los elementos; en nuestro caso, a la silla de madera se le extraen los materiales y se utilizan en otros objetos como entrepaños de un armario, partes de una puerta; la botella se funde y se utiliza como elemento de otros artefactos y así sucesivamente.

Las técnicas de la reutilización y del reciclaje se utilizan desde hace mucho tiempo. En Estados Unidos, por ejemplo, la chatarra es la fuente, desde el siglo pasado, del 50% del plomo, 40% del cobre, 45% del hierro y acero y el 25% del zinc y del aluminio (Sticrelberger, D.; WHO pág. 66); en Colombia no se ha

cuantificado este aspecto, pero es un indicador que en todos los directorios telefónicos se encuentran compradores de chatarra. Con referencia al reciclaje del papel no se conoce el volumen del mercado en nuestro país, pero existen ya cooperativas especializadas en recolectar papel y venderlo a la industria que lo recicla.

El reuso y el reciclaje total de los residuos sólidos minimizan el problema de la disposición final, ya que solo habría que disponer lo que realmente no se utiliza.

Estos sistemas eliminan los problemas de contaminación ambiental: de aire por que no se justifica quemar lo que el hombre necesita, del agua por idéntica razón y de suelos por que el reuso y la reutilización prácticamente dejan muy poco material que pueda contaminar los suelos. La reutilización y reciclaje son una fuente de recursos naturales. Incluso se ha planteado la hipótesis que los residuos sólidos deben ser considerados como recursos estratégicos de metales, minerales y energía con potencialidad diversa y que la práctica actual de eliminación de residuos sólidos debe calificarse como despilfarro.

Se estima que en Colombia los vehículos que circulaban en 1987 por nuestras calles y carreteras, representan más de 600.000 toneladas de hierro, 9.000 toneladas de aluminio, 6.500 toneladas de cobre y 4.000 toneladas de plomo, que en algunos años serán chatarra que puede y se debe reutilizar.

Las políticas Gubernamentales deben estimular el reuso y reciclaje de los residuos. Ellos podrían incluir:

- Estímulos tributarios a las instituciones que reutilicen o reusen residuos sólidos.
- Facilidad de inversión para nuevas industrias que recuperen materiales de los residuos.
- Creación de centros de recolección selectiva de materiales de los residuos tales como papel, vidrio, metales y otros reutilizables.
- Apoyo económico a la industria del reuso y reciclaje.
- Otorgamiento de prioridad, en algunas compras del gobierno, a todos los materiales reusados o reciclados.
- Aumento de gravámenes a todos los recipientes no recuperables.
- Disminución de las tarifas a las viviendas que entreguen sus basuras previamente separadas.

6.4 TECNICAS DE RECICLAJE

Las técnicas de reciclaje son variadas: unos tienden a hacerlos en la fuente y otros en centros especializados o en estaciones de transferencia.

Los primeros tienen la ventaja de que el material se deteriora muy poco, pero presenta la dificultad de la educación de la comunidad.

Parece más factible hacer la recuperación o reciclaje de desechos en grandes estaciones de transferencia, donde el residuo entra a una tolva, pasa a una banda transportadora donde se recupera con personal especializado el papel, cartón, vidrio, metal no ferroso, plástico, textiles y otros, posteriormente con equipo electromecánico se recupera el material ferroso quedando entonces la materia orgánica putrescible y la materia inerte. Incluso la materia orgánica ya se está utilizando; después de homogenizarla y pasteurizarla se usa como alimento para animales; algunos cálculos previos y aproximados indican que la proteína que se está eliminando actualmente en la basura colombiana alcanzaría para alimentar toda la producción industrial de cerdos y gallinas y posiblemente sobraría alimento para exportar.

En la actualidad se están estudiando y experimentando otros métodos de recuperación, principalmente:

- **Pirólisis:** Es la destilación seca de los productos orgánicos. Se diferencia de la incineración en la ausencia de oxígeno en el proceso, un ejemplo de la pirólisis es la destilación de la madera para la producción de carbón vegetal. Por medio de éste método puede transformarse materia orgánica de poco valor en productos de alto valor energético.

Según Shlensinger et al. una tonelada de residuos que previamente ha sido seleccionada (recuperados minerales, metales y vidrio) y secada produce 500 metros cúbicos de gases (energía), 65 litros de aceites ligeros, 125 litros de líquidos (que destilándolos nuevamente son fuente de metanos, ácido acético, aceite, alquitrán, otros compuestos orgánicos y agua), y 70 kg de residuos sólidos con un alto poder calorífico, bajo material volátil y contenido de azufre que lo hace una fuente de energía que no produce problemas de contaminación atmosférica.

- **Hidrogenación:** La hidrogenación de la celulosa de los residuos la transforma en productos orgánicos combustibles. Algunos ensayos han dado rendimientos de 320 litros por tonelada de residuos y se ha visto la posibilidad de convertir cualquier tipo de residuo orgánico en combustible con bajo contenido de azufre.

- **Hidrólisis:** Por medio de la hidrólisis se transforman los residuos celulósicos en azúcares fermentables, recurriendo al empleo de ácidos a altas temperaturas; de éstos azúcares posteriormente puede obtenerse alcohol etílico, ácido cítrico y abonos.

Actualmente en la Unión Soviética existe una planta que ha dado buenos resultados.

Como conclusión se puede asegurar que la tendencia mundial actual es la de incrementar al máximo la recuperación o reciclaje de las basuras como única solución a éste problema, que enfrenta la humanidad.

La recuperación o reciclaje de los residuos sólidos disminuye la producción por habitante de basuras, disminuye los costos de la prestación del Servicio de Aseo Urbano, disminuye la tarifa a pagar por los usuarios, disminuye la contaminación del ambiente, no solamente la causada por los propios residuos, sino también porque la industria debe producir menos material reutilizable, disminuye el deterioro de los recursos naturales porque minimiza su utilización, produce ingresos y es fuente de trabajo para las personas que laboran en estos métodos, produce divisas al país porque se deben importar menos materias primas, el reuso y reciclaje son perfectamente compatibles con la crisis mundial energética y estos métodos reincorporan al proceso productivo elementos que en la actualidad se están desperdiciando.

6.5 RELLENO SANITARIO

El Relleno Sanitario es actualmente el método más económico y aceptable, desde el punto de vista de Salud Pública y protección del ambiente, para la disposición de los desechos sólidos domésticos, comerciales e industriales e incluso de los denominados peligrosos.

La definición del método que da la American Society of Civil Engineers, ASCE, ilustra sus principales características:

"Relleno Sanitario es una técnica para la disposición de la basura en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, utilizando principios de ingeniería, para confinar la basura en la mínima área posible reduciendo su volumen hasta la cantidad practicable, para luego cubrir las basuras así depositadas con una capa de tierra diariamente, al final de la jornada, o tan frecuentemente como sea necesario".

Esta definición debe ser complementada con las posibilidades del Relleno Sanitario de manejar gases y lixiviados; de tomar en consideración aspectos de tipo estético y los potenciales que brinda el método para recuperar terrenos o transformarlos para usos comunales.

6.5.1 TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS

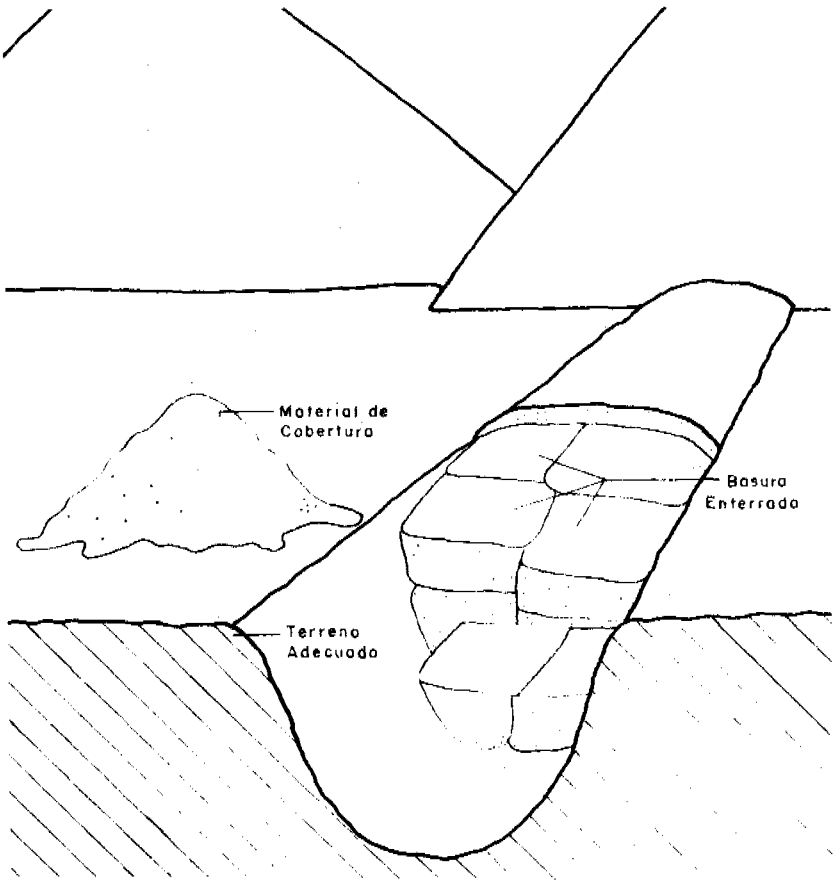
Existen varios tipos de Relleno Sanitario; los tres principales son: Relleno de área, Relleno de zanja y Relleno de rampa, los cuales tienen técnicas similares de operación. Normalmente, las condiciones y características de los terrenos exigen una operación combinada de los distintos sistemas, tendientes a un mejor aprovechamiento de la disponibilidad del terreno, material de recubrimiento y rendimiento de los equipos de operación. En este punto sólo se analizarán las características más destacadas de cada uno de los tres métodos principales de Relleno Sanitario.

a) Relleno Sanitario Tipo Area

El Relleno Sanitario tipo área, ver Figura # 6-1, normalmente se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras producidas por extracción de materiales como arena, arcilla, grava y otros similares. La operación del Relleno Sanitario de área tiene el siguiente método de trabajo:

- Los camiones de recolección vacían los desperdicios directamente en el frente de operación.

FIGURA # 6-1
RELLENO SANITARIO TIPO AREA



- Los desperdicios son esparcidos y compactados por un tractor de oruga. Esta compactación se efectúa por pasadas repetidas del tractor sobre los desperdicios a medida que los camiones van vaciando la basura en el frente de trabajo del Relleno, compactación que se debe ir haciendo sucesivamente por capas de 0,30m.

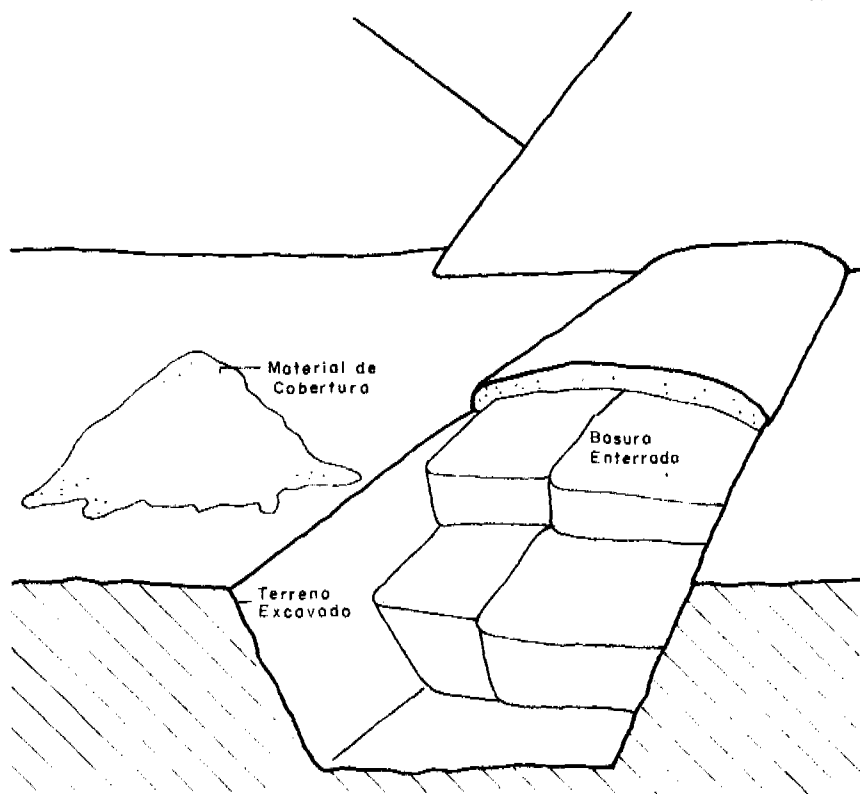
Suele utilizarse draga de arrastre con cucharón excavador.

- Recubrimiento de la basura compactada una vez terminada la operación diaria con una capa de material de cobertura de 0,10 a 0,15 m. Este material, en lo posible debe ser obtenido de los terrenos adyacentes al sitio de trabajo. Hay lugares que no permiten sacar tierra de recubrimiento apropiado y en ese caso se hace indispensable acumular cenizas, material de demolición, tierra proveniente de excavaciones locales, barrido de calles u otro que el mismo equipo empleado en el Relleno pueda acarrear o cargar en camiones de transporte.
- Recubrimiento superior o sello del Relleno Sanitario con una capa compactada de tierra o material similar de por lo menos 0,60 m de espesor, cuyo nivel o altura final coincida con la cota indicada en los planos respectivos.
- Siembra del Relleno Sanitario con pasto de crecimiento rápido para evitar la erosión.

b) Relleno Sanitario Tipo Zanja o Trinchera

El método de operación del Relleno Sanitario tipo zanja, ver Figura # 6-2, se puede resumir en los siguientes ocho puntos:

FIGURA # 6-2
RELLENO SANITARIO TIPO ZANJA



- Excavación de la zanja. La zanja o trinchera puede excavarse por completo antes de iniciar en ella el vaciamiento de los desperdicios, o progresivamente a medida que avanzan los trabajos. Otras veces la zanja se excava diariamente con la capacidad requerida para disponer la basura del día siguiente. El sistema más apropiado lo determinan las condiciones locales, características del terreno y circunstancias operacionales.

Las zanjas se hacen de 1,80 m a 2,50 m de altura y de un ancho de por lo menos el doble del tamaño del equipo de trabajo para facilitar la operación del tractor. Las zanjas suelen hacerse de 3,60 m a 10 m de ancho, pero las dimensiones se determinan en cada caso particular.

- Vaciamiento de los desperdicios que ha transportado el camión de recolección en el frente de operación de la zanja.
- Esparcimiento y compactación de la basura con un tractor tipo oruga.
- Recubrimiento diario con tierra proveniente de la excavación de la zanja en forma similar a la descrita para el Relleno de Area.
- Complemento de la compactación mediante el camión de recolección que se desplaza sobre la zanja Relleno.
- Recubrimiento superior o sello del Relleno Sanitario en forma similar a la descrita para el Relleno de Area.
- Cambio de zanja. Una vez alcanzado el nivel deseado en toda la longitud de la zanja, se continúa el trabajo en una zanja adyacente separada por un muro de terreno natural de aproximadamente 0,90 m como se muestra en la Figura #6-2

- Siembra del Relleno Sanitario, con pasto de crecimiento rápido para evitar erosión.

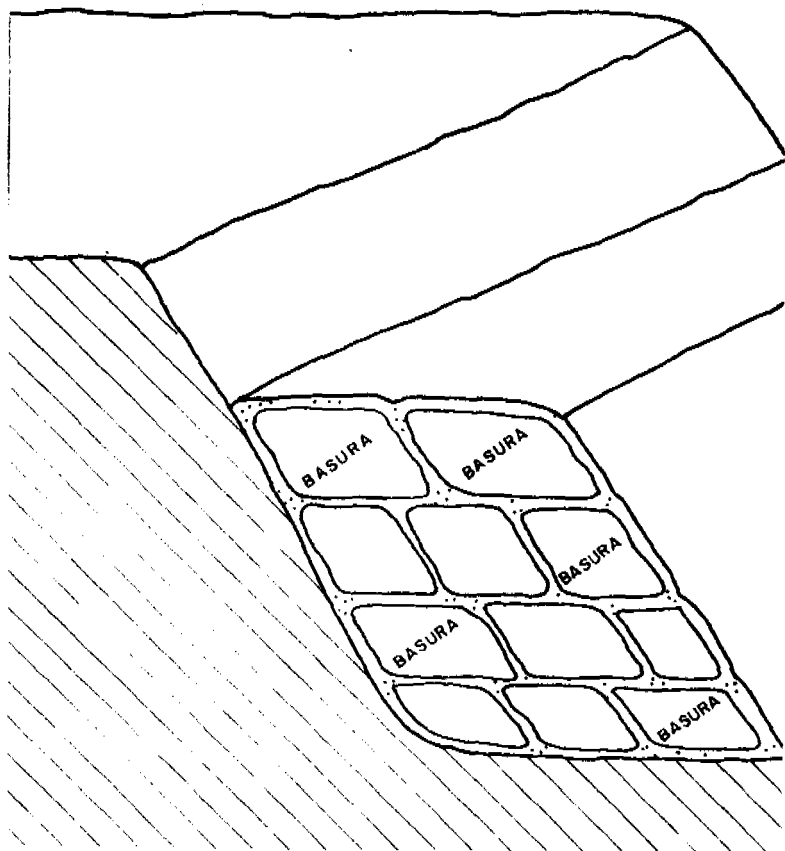
c) Relleno Sanitario Tipo Rampa

El Relleno Sanitario tipo rampa, como se muestra en la Figura # 6-3, se opera en forma similar a los Rellenos de Area, pero los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, se apisonan y recubren diariamente con una capa de material de 0,10 m a 0,15 m de espesor. La rampa debe tener una pendiente de unos 30 grados como se muestra en la Figura # 6-3. Terminada la operación y alcanzado el nivel previsto, se recubre con una capa de tierra o material similar de 0,60 m de espesor. El método de rampas se utiliza en terrenos de declive moderado. Puede planearse para ir formando escalones en terrenos de pendiente más o menos pronunciada haciendo pequeñas excavaciones para lograr el material de recubrimiento.

6.5.2 DISEÑO DE CELDAS

La celda en un Relleno Sanitario constituye la célula fundamental del mismo. Básicamente consiste en una masa de desechos compactos rodeados por una capa de tierra, lo cual permite obtener un aislamiento completo de las basuras con respecto al ambiente.

**FIGURA # 6-3
RELLENO SANITARIO TIPO RAMPA**



Las dimensiones y el volumen de las celdas que se aconseja formar con la basura diaria, dependerá de varios factores, principalmente de:

- Configuración del sitio a rellenar, el cual determinará principalmente la altura de cada celda.

- La secuencia de Operación del Relleno.
- El equipo utilizado.
- El volumen, la composición y la condición de los desechos recibidos en el Relleno.
- La Disponibilidad de material de cobertura.

Para la conformación de las celdas y lograr una buena compactación de la basura se recomiendan las siguientes operaciones:

- Crear un frente de trabajo con una pendiente de 20 grados a 30 grados en donde se coloca, de abajo hacia arriba, la basura en frentes de ancho igual a la cuchilla de la máquina.
- La basura se coloca en capas máximas de 0,60 m y, mediante pasos sucesivos de la máquina. Se pretende eliminar los huecos y acomodar las basuras de forma que reciban el máximo de compactación. Este punto se logra cuando la superficie de la basura no se deforma con el peso del equipo.

Estas dos operaciones se repiten cíclicamente hasta obtener las dimensiones totales de la celda.

Entre mayor sea la altura de una celda, menos será la necesidad de material de cobertura. La longitud de cada celda será opcional y dependerá de la cantidad de material de desecho dispuesto. El ancho estará limitado por el área o frente necesario para el funcionamiento del equipo de trabajo.

El área de trabajo deberá ser diseñada con base en los siguientes requerimientos:

- **Facilidad para el ingreso y egreso ordenado, rápido y seguro del equipo de recolección.**
- **Maniobralidad del equipo de Relleno.**
- **El equipo no debe trabajar en dos frentes separados, solo debe haber un solo frente de trabajo.**
- **La descarga de basura se debe hacer en forma tal que permita al operador de la máquina de compactación mantener el trabajo bajo su control.**

Una vez conformada una celda, se procederá a colocar la capa de material de cobertura.

6.5.3 MATERIAL DE COBERTURA

a) Calidad del material de cobertura

Una de las diferencias fundamentales entre un botadero abierto y un Relleno Sanitario es la utilización de un material final que separe adecuadamente las basuras del ambiente exterior. Este es el Material de Cobertura que busca, además de lo anterior, confinar la basura compactada entre capas de tierra al final de cada período de operación.

En general, las propiedades de un material de cobertura deben ser tales que permitan:

- Prevenir la entrada de roedores a la basura confinada.
- Prevenir la presencia de moscas.
- Minimizar la entrada de agua a la basura.
- Suministrar una salida uniforme para los gases producidos.
- Controlar incendios.
- Dar una apariencia aceptable al Relleno.
- Servir como base para las vías de acceso.

- Permitir el crecimiento de vegetación.

El material de cobertura debe controlar la entrada y salida de moscas, evitar las excavaciones de roedores en busca de comida y prevenir la presencia de aves que se alimenten de desechos.

Muchos suelos, cuando se compactan suficientemente, tienen una baja permeabilidad que puede utilizarse para controlar la introducción de agua que lava la basura confinada y produce contaminación del agua subterránea.

El control de los movimientos de los gases producidos en el Relleno Sanitario es también una función importante del material de cobertura.

Generalmente, se trata de darle una salida uniforme a estos gases a través del material de cobertura. Un suelo permeable, que no retenga mucha agua puede servir como un excelente material para lograr este efecto.

La arena limpia, la grava de tamaño uniforme y la piedra de poco tamaño pueden servir para lograr una buena ventilación.

La basura confinada entre capas de tierra compactada provee alguna protección contra la propagación de los incendios. La mayoría de los suelos no son combustibles y por lo tanto

suministran barreras que confinan los incendios dentro de una determinada celda. Sin embargo, en el caso de presentarse un incendio antes de colocar el material de cobertura final, éste debe extinguirse previamente porque de no hacerlo, puede socavar la celda, provocar el derrumbe del material de cobertura y exponer la parte superior de la celda al fuego. El uso de un material de cobertura de baja permeabilidad, es un excelente medio para combatir los incendios de las celdas, puesto que minimiza el flujo de oxígeno hacia el interior.

Para mantener una operación limpia, se hace necesario controlar la producción de polvo. Muchos suelos pueden satisfacer esta condición pero las arenas finas y los limos sin suficientes cohesión y humedad pueden ocasionar problemas de polvo.

A menudo el material de cobertura debe ofrecer un buen soporte y superficie para el tráfico de los vehículos de recolección de basura que se mueven dentro del Relleno Sanitario.

El suelo usado como material de cobertura final, debe ser capaz de permitir el crecimiento de vegetación. Debe por tanto, contener algunos nutrientes y tener una gran capacidad de almacenar humedad.

La arcilla es un material que es capaz de absorber grandes cantidades de agua, incorporarlo a su estructura y convertirse en

impermeable, lo cual, la hace excelente para control de incendios. Sin embargo, no lo es para lograr los efectos de ventilación o para obtener una superficie de rodamiento, puesto que cuando está saturado, es difícil de trabajar y cuando se seca se contrae, produce grietas y es fuente de polvo.

En el caso de la grava, este material puede ser utilizado con buenos resultados para prevenir la presencia de vectores, además de ser excelente para la vía de acceso y para suministrar una capa permeable a la salida de los gases. Sin embargo, estas mismas propiedades la vuelven indeseable con respecto a la entrada del agua superficial al Relleno o si se quiere tener vegetación. Es por tanto evidente que si se quiere obtener todos los resultados deseables, es necesario producir una mezcla de materiales que logre uno nuevo con propiedades más aceptables.

De las consideraciones anteriores sobre el material de cobertura se puede concluir que uno de los parámetros principales para la escogencia de un sitio como lugar para la construcción de un Relleno Sanitario es el de la calidad del material de cobertura disponible.

Cuando esta calidad no es aceptable en los sitios para los fines que se pretende, la escogencia de él ocasionará dos graves problemas:

- La necesidad de traer desde otro sitio un material que pueda reemplazar o ser mezclado con el obtenido en el Relleno.
- Retirar el material sobrante.

Ambas condiciones ocasionarán un costo adicional que se puede convertir en la principal carga económica para la operación eficiente del Relleno. La otra restricción con respecto al material de cobertura disponible en el sitio, es su cantidad, lo cual será discutido enseguida.

b) Cantidad de Material de Cobertura

En general, la cantidad de material de cobertura dependerá del tamaño de las celdas construidas, especialmente de la altura total de las mismas.

Para tener una idea general acerca del volumen de material de cobertura necesario podemos, en un ejemplo, suponer que:

- Una celda tendrá una altura de 2,00 metros.
- La capa de tierra que separa las dos celdas será de 0,15 metros.
- La capa final de material de cobertura sobre la celda superior será de 0,60 metros.
- Dependiendo de la topografía que presente el terreno, se puede construir bloques verticales con varias celdas super-

puestas (en la ciudad de Pereira se han alcanzado alturas de Relleno hasta de 25 metros, lo cual significa que por lo menos entre 10 a 15 celdas se pueden superponer).

Como ejemplo para tener un estimativo de la cantidad de material de cobertura, se hace un cálculo teniendo 3 celdas superpuestas en el Relleno, en las condiciones que se muestran en la Figura # 6-4.

Altura Promedia de las Celdas : 2,0 metros

Espesor Final de cobertura : 0,60 metros

Espesor Intermedio de cobertura : 0,15 metros

Cantidad de material de cobertura compactada por unidad de área:

$$= (0,15 + 0,15 + 0,6) \text{ metros} = 0,90 \text{ metros}$$

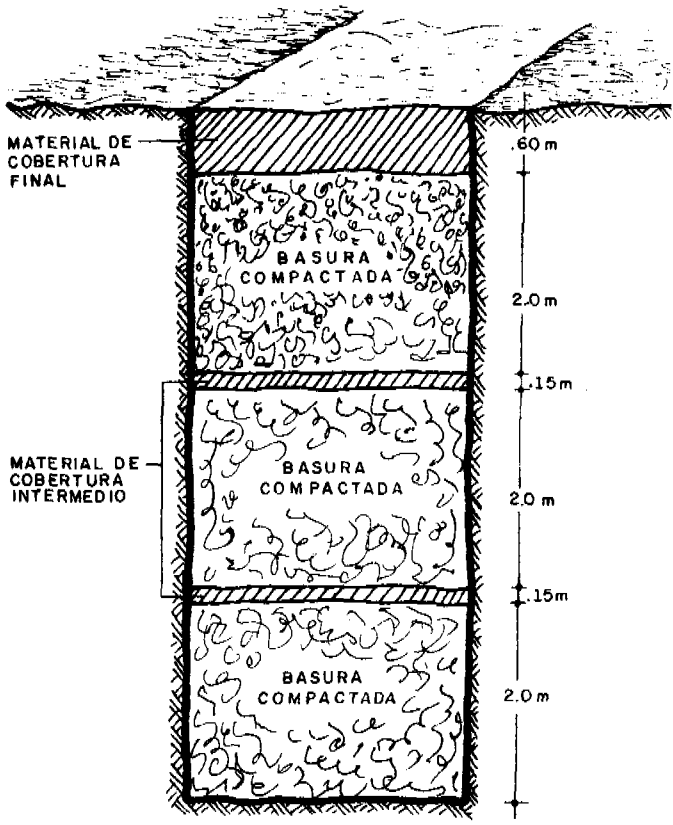
Cantidad de basura compactada por unidad de área:

$$(2,0 + 2,0 + 2,0) \text{ metros} = 6.0 \text{ metros}$$

Relación, M, entre el material de cobertura y la basura dispuesta en la celda:

$$m = \frac{0,90 \times 100}{6} = 15\%$$

FIGURA #6-4
CANTIDAD DE MATERIAL DE COBERTURA



Se requiere una cantidad adicional de material para tapar provisionalmente los costados de la celda, por lo cual, se debe aumentar en un 5% los requerimientos de tierra.

Al final, se podrá observar que aproximadamente la relación entre basura y tierra es de un 20%.

En el ejemplo anterior hay que tener presente que el cálculo de la relación de volumen: basura-tierra, se hizo para tres celdas superpuestas. Cuando se superponen 2, ó únicamente se construye una celda, esta relación aumentará inversamente, a medida que se superponen más celdas, la relación disminuirá.

Como conclusión, podemos establecer que se necesita más material de cobertura en la medida que el Relleno tiene menos profundidad. De ahí que los Rellenos con grandes hondonadas (tipo área), los requerimientos de material de cobertura son menores y, además, las posibilidades de obtenerlo del mismo sitio, son mayores haciendo corte en las laderas de las depresiones.

Conviene aclarar, que las relaciones de basura y tierra han sido establecidas una vez que ambas han sido acomodadas y compactadas en la celda. Esta aclaración es importante, pues existirán Rellenos donde será necesario importar el material de cobertura. En estos casos, habrá que especificar si la cantidad

de material requerida es en banco (en el terreno), suelto o compactado en las celdas, para lo cual, deberá tenerse en cuenta los coeficientes de expansión y compresibilidad utilizados en movimientos de tierra.

Generalmente, cuando se extraen materiales de cobertura del mismo sitio, del tipo arcillas y arenas, el volumen en banco es sensiblemente igual al volumen en la celda. Por lo tanto, en estos casos, no se deben afectar los cálculos de volúmenes por factores de expansión o compresión volumétrica.

c) Colocación del Material de Cobertura

El plan de operaciones del Relleno debe especificar qué suelo va a utilizar, en dónde y cómo va a ser obtenido y cómo va a ser colocado sobre la basura compactada.

Las capas de material de cobertura que se apliquen sobre la basura dependerán del tiempo de exposición del material a la acción del viento y del agua. La tabla siguiente suministra una guía para los espesores necesarios.

MATERIAL DE COBERTURA	ESPESOR MINIMO metros
Diario	0,10 a 0,15
Final	0,40 a 0,60

d) Cobertura Diaria

Las principales funciones del material de cobertura diaria son las de controlar la presencia de vectores, papeles y otros residuos volantes, incendios y humedad.

Esta capa, de generalmente 0,10 metros a 0,15 metros de espesor, es colocada sobre la basura final de cada jornada de operación. En lo posible debe ser colocada en la parte superior y en los lados de la celda, a medida que la construcción de esta avanza y en tal forma que solo el frente de trabajo se mantenga descubierto.

Sin embargo, esto puede ser difícil, debido a las condiciones de disponibilidad de equipo, por lo que se recomienda, si no se tiene el equipo necesario, hacerlo al final de la jornada, para no dejar basura al descubierto.

e) Cobertura Final

Sus funciones son las de dar un soporte para el crecimiento de vegetación. Por tanto, debe utilizarse un espesor entre 0,40 metros a 0,60 metros, colocado preferiblemente en capas sucesivas compactadas individualmente.

Una buena práctica es la de colocar el material final en dos etapas: una inicial de 0,25 metros directamente sobre la basura compactada y después de un mes se coloca una capa similar sobre la primera.

En esta segunda etapa, además de compactar, se tendrá cuidado en rellenar las partes que se hubieran asentado más rápidamente y así obtener una buena superficie final.

6.6 UBICACION DEL SITIO PARA RELLENO SANITARIO

La primera acción que se debe desarrollar para ubicar un Relleno Sanitario, es conocer el área general donde se pueda localizar, si es en el municipio, o en el departamento o dentro de los municipios vecinos; es lógico que si nadie quiere aceptar que el Relleno Sanitario debe existir, no se puede ubicar; es indispensable, y aunque parece obvio, resolver el primer problema que se le presenta al ingeniero "¿dentro de cuáles límites estará ubicado el Relleno Sanitario?"

Cuando se conozcan los límites dentro de los cuales debe estar el Relleno Sanitario, se procede a localizar los estudios geológicos y pedológicos correspondientes; en Colombia el Instituto Geográfico Agustín Codazzi es una excelente fuente de información. Sin embargo, un geólogo con conocimiento de la región

puede localizar y hacer un diagnóstico por lo menos de las zonas de recarga de acuíferos, disponibilidad de material de cobertura, condiciones de drenaje y las características generales del suelo.

Para ubicar un Relleno Sanitario es indispensable tener información en el área del estudio, por lo menos, sobre:

- **Espesor del Suelo:** para conocer la posibilidad de extraer material de cobertura en el sitio o en los alrededores; un buen estudio geológico sobre este aspecto da resultados en los costos de transporte; el espesor del suelo también es importante porque indica cuánto se puede profundizar el Relleno Sanitario antes de llegar a la roca madre.

Un Relleno Sanitario debe estar localizado preferencialmente sobre una capa de suelo de más de 9 metros de espesor; nunca se hará en un lugar donde el espesor sea menor de 2 metros por lo escaso del material de cobertura y la posibilidad de llegar con los lixiviados a la roca madre dura que los puede transportar a otros lugares, contaminando fuentes de agua subterráneas o superficiales.

- **Pendiente:** Es importante conocer el paisaje edáfico del sitio y de sus alrededores para prediseñar las vías de acceso, las vías internas y la operación del Relleno.

Un Relleno Sanitario debe estar localizado preferencialmente en terreno con pendiente entre el 3% y el 12%; no debe estar ubicado en sitios con pendientes mayores del 25% por las dificultades de operación; los que tienen pendiente menor del 3% generalmente son difíciles de manejar por las aguas de escorrentía y los lixiviados; los terrenos con pendientes entre el 12% y el 25% presentan pequeñas dificultades para la operación del Relleno Sanitario.

- Textura: Para efecto de ubicar los Rellenos, Sanitarios la textura es importante porque es un indicador de impermeabilidad; se prefieren los finos en el fondo del Relleno Sanitario y en la superficie si ese mismo material se utiliza como cobertura; la textura también tiene relación con la reacción del suelo con la basura.

Los mejores terrenos son entonces, los areno-limo-arcillosos (arena gruesa gredosa, greda franco arcillosa); se pueden aceptar en segundo término los limo-arcillosos (franco limoso pesado, franco limo-arcilloso, arcillo-limoso liviano); en tercer término están los arcillo-limosos (arcillo limoso pesado y arcilloso) y por último, es mejor evitar los terrenos areno limosos (franco arenosos) porque, entre otros, son muy permeables.

- **Permeabilidad:** Para decidir sobre la aceptación o rechazo de un posible sitio de disposición final, es necesario conocer previamente la permeabilidad de los suelos. Un terreno ubicado en un lugar muy permeable puede aumentar los costos porque obliga a utilizar arcilla impermeable o geomembranas o simplemente por la posibilidad de contaminar las aguas subterráneas.

Una permeabilidad menor que 0,00001 cm/s, se puede considerar aceptable; si es mayor, el terreno se debe desechar o estudiar la alternativa de utilizar impermeabilizantes.

- **Humedad:** interpreta la altura de la tabla de aguas o la altura dominante del nivel freático; se debe tener presente que a mayor humedad de los suelos se tendrá mayor producción de gases y lixiviados.

Para ubicar un Relleno Sanitario se debe buscar primero los suelos bien drenados con la tabla de aguas a más de 3 metros de profundidad durante todo el año; en segundo término pueden aceptarse los moderadamente bien drenados o sea los que parte del año, la tabla de aguas está entre 0,50 m y 3 m, estos terrenos se deben drenar; los suelos pobremente drenados o sea los que la mayor parte del año la tabla de aguas se mantiene entre 0,5 m y 3 m se deben drenar artificialmente; es preferible no utilizar los suelos pobres y los muy mal drenados o sea los que la mayor parte del año la tabla de aguas está a menos de 1 metro.

- **pH o Reacción del Suelo:** mide la capacidad de intercambio catiónico entre la basura y el suelo. Los suelos de textura pesada (alto contenido de arcilla) tienen alta capacidad de intercambio catiónico y de amortiguación, al contrario, un suelo de textura arenosa u ordinaria tiene baja capacidad de intercambio catiónico.

Se prefieren los terrenos con $\text{pH} > 6.0$; en casos extremos se pueden aceptar terrenos con pH entre 5,5 y 6,0; es preferible no utilizar los terrenos con $\text{pH} < 5.5$.

- **Riesgos Especiales:** se consideran algunos riesgos de cuidado especial. Evidentemente no se deben utilizar terrenos inundables ó terrenos con deslizamientos o asentamientos.

En resumen, la mejor ubicación para un Relleno Sanitario es el área que tenga una profundidad mayor de 9 metros desde la superficie hasta alcanzar la roca dura; que sea un suelo con una pendiente del paisaje edáfico entre 3% y 12%; que sea bien drenado y con la tabla de aguas a más de 3 metros durante todo el año; que la permeabilidad sea baja, menor que 0,00001 cm/s; que sea un suelo de arena gruesa gredosa; que tenga un $\text{pH} >$ que 6,0; que no se inunde y que no tenga tendencia a sufrir deslizamientos ni asentamientos. Si la naturaleza no nos da un sitio con todas estas consideraciones, debemos recomendar el mejor.

Para hacer una primera selección de sitios dentro del área a estudiar, se puede utilizar la metodología de los "Mapas Sobre-puestos" que se explica a continuación.

El método detecta los terrenos Altamente Apropriados (AA), los Medianamente Apropriados (MA), los Poco Apropriados (PA), y los No Apropriados (NA). Se dibuja en papel transparente cada una de las características conocidas en el área de estudio, clasificando los sitios como AA, MA, PA, NA de la siguiente manera:

100 % No Apropriado (NA)

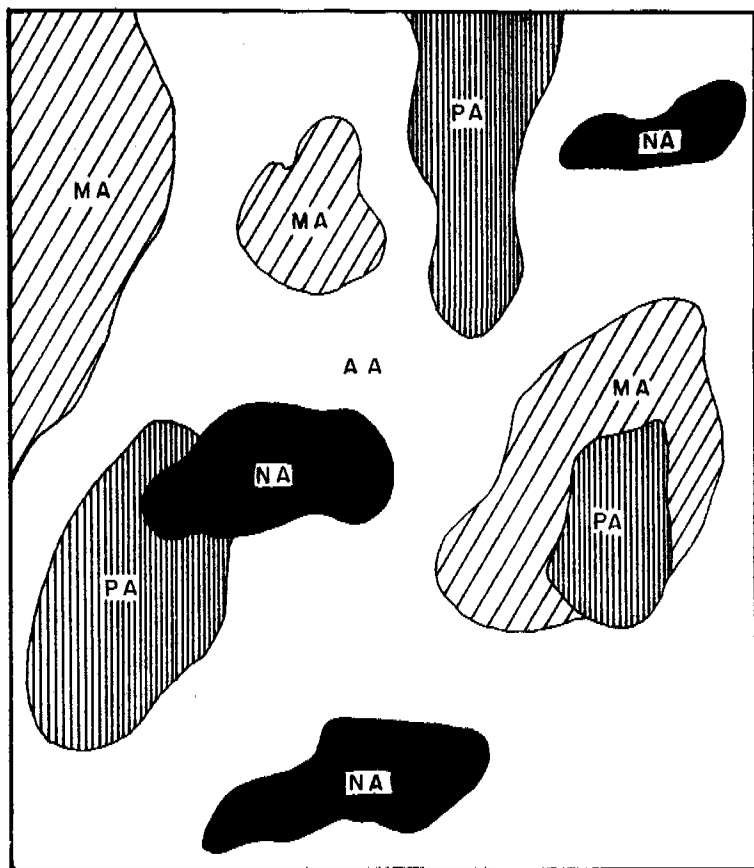
65 % Poco Apropriado (PA)

35 % Medianamente Apropriado (MA)

0 % Altamente Apropriado (AA)

Cada mapa en papel transparente marcará los mejores terrenos AA, los regulares MA, los malos PA y los que no se pueden utilizar NA. Por ejemplo: en espesor del suelo: se sabe que los terrenos con roca a menos de 2 metros son NA porque la roca puede permitir infiltraciones o llevar los lixiviados a sitios desconocidos, además de presentar poca posibilidad de facilitar material de cobertura; los terrenos con roca entre 2 metros y 4 metros se pueden considerar como PA; los terrenos con roca dura entre 4 metros y 9 metros se catalogan como MA; y finalmente, los que tienen mas de 9 metros son los óptimos, es decir AA; este mapa en papel transparente podría ser similar al mostrado en la Figura #6-5.

FIGURA #6-5
MAPA DE ESPESOR DE SUELOS
(Ejemplo Hipotético)



Con cada una de las características se hace lo mismo; van a resultar, entonces, planos en papel transparente de: espesor, pendiente, textura, permeabilidad, humedad, pH de los suelos y Riesgos Especiales.

Al final se sobreponen los planos como se indica en la Figura #6-6 y se dibuja el mapa sumatorio de todos, que será el resultado de poner todos los anteriores contra la luz, es decir, será un plano con algunas zonas blancas (muy pocas seguramente) que se catalogan como AA; otras zonas un poco oscuras que serán las MA; otras más oscuras que se catalogan como las PA y finalmente, unas que no permiten el paso de la luz que serán las NA; un ejemplo se muestra en la Figura # 6-7.

Con esta técnica quedan demarcados, como se observa en la Figura # 6-7, un grupo de posibles lugares clasificados como AA, MA, PA; dependiendo del número de ellos, se toman solo los AA, o los AA y los MA, o en caso necesario los AA, MA y los PA; a estos grupos escogidos se les aplican los criterios de selección, que veremos posteriormente, para lograr un orden de elegibilidad.

Para determinar el orden de elegibilidad es necesario fijar los criterios de selección y aplicárselos a los lugares clasificados con la técnica anterior (AA, MA, y PA).

Los criterios de selección pueden ser:

- Distancia al centro de producción de la basura, medido por las vías principales desde el centroide del área productora hasta el sitio elegido.

FIGURA #6-6
MAPAS SOBREPUESTOS

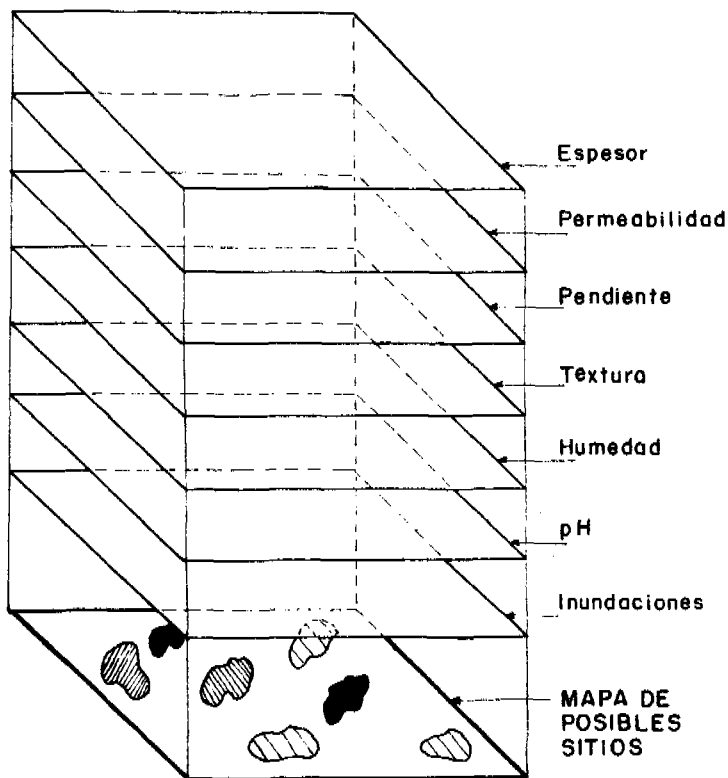
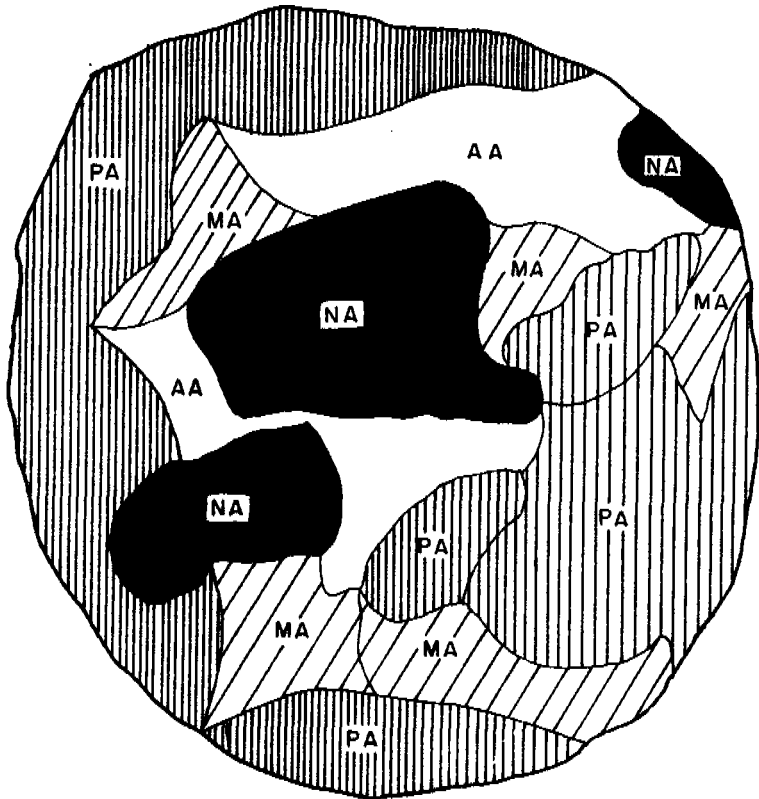






FIGURA #6-7
SELECCION DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO



CONVENCIONES

-  Altamente Apropriado
-  Medianamente Apropriado
-  Poco Apropriado
-  No Apropriado

- Accesibilidad al sitio, medido por el número de vías que lleguen y por el estado y tipo de éstas.
- Area del sitio, medida por la cantidad de metros cuadrados con disponibilidad para ser utilizados en el Relleno Sanitario.
- Ocupación actual del sitio, medido por el destino actual, que puede ser: no definido o sin uso, ganadero, industrial, agrícola o urbano.
- Pendiente del sitio, medido en porcentaje de la inclinación del paisaje edáfico, con los criterios estudiados anteriormente.
- Profundidad de la roca dura, medida desde la superficie hasta alcanzar la roca dura.
- Posibilidad de material de cobertura, medido por la distancia de acarreo y por la calidad del material.
- Profundidad de la tabla de agua medida como la altura dominante del nivel freático.
- Efecto ambiental que se puede medir por los siguientes indicadores:
 - * Biológicos como posible daño a la fauna, flora y bosques.
 - * Físicos como posible daño al agua, aire o suelos.

- * Socio económicos.
 - * Recuperación de zonas degradadas.
 - * Areas ambientalmente sensitivas.
-
- Densidad Poblacional, se mide por el número de personas por hectárea en el sitio.
 - Permeabilidad, mide la velocidad del paso del agua por unidad de tiempo, se utiliza la escala estudiada anteriormente.
 - Uso futuro del suelo: evalúa el eventual rechazo de la comunidad y la posibilidad de que el terreno pueda ser recuperado, será óptimo si el uso futuro es para parques.
 - Efecto de la congestión de tráfico vehicular sobre las vías de acceso al sitio, medido por el efecto que pueda ocasionar.
 - Impacto del tránsito automotor sobre la comunidad, se mide si es considerable, moderado o nulo.

En estos u otros criterios adicionales se combinan factores de tipo económico, social y ambiental, es necesario no engañarse con la aparente simplicidad del método, porque un error ocasionado por esta presunción puede dar al traste con todas sus ventajas; el método requiere, como cualquier otro proyecto de ingeniería, de una cuidadosa planificación.

Los criterios económicos, se refieren a los que claramente afectan el costo de instalación y funcionamiento del Relleno Sanitario, por ejemplo, la distancia al centro de producción; los criterios sociales y ambientales se refieren a aquellos que tengan relación con el manejo del ambiente y que incluyen factores físicos, ecológicos y sociales, por ejemplo, la demanda de las corrientes de agua en el sitio.

Cada criterio tendrá dos categorías: una en donde actuará como restricción, con un valor de cero (0) e indicará que el sitio es eliminado como alternativa, por ejemplo, un sitio con un área menor que la requerida. De no ser así, el criterio actuará como medidor de la bondad de un sitio, con un indicador numérico, producido según una escala aritmética que empieza en uno (1) y termina en el máximo puntaje otorgado al criterio.

La clasificación y selección final de los sitios se hará sobre una base económica; no es necesario calcular costos individuales para cada uno de ellos, dado que lo que se requiere, es una clasificación de comparación entre todas las posibles alternativas; en su lugar se usarán indicadores que representen los posibles costos.

Para ponderar el peso específico de cada criterio se definirán los indicadores en forma tal que su valor sea representativo de las ponderaciones. Para cada criterio se estimará el valor y finalmente se producirá un indicador global de cada sitio como la sumatoria de

los parciales, con excepción de aquellos en donde haya un cero (0), que elimina automáticamente la alternativa.

El indicador de cada criterio se mide en una escala aritmética cuyo origen se encuentra en 1 y su punto final en un número que marca la importancia ponderada del criterio con respecto al total.

Para la asignación de puntajes se reúne un grupo interdisciplinario de técnicos y expertos, con experiencia en el tema; estos profesionales pueden ser: Ingenieros Sanitarios, Ingenieros Químicos, Ingenieros Civiles, Geólogos, Hidrogeólogos, Edafólogos, Ecólogos, Arquitectos Urbanistas, Arquitectos paisajistas y Economistas.

Finalmente, el ejercicio dará una serie de puntos para cada sitio que permitirá escoger los mejores, de tal manera que si el nivel político o legal no acepta uno de ellos será fácilmente reemplazado por el siguiente.

Una vez aceptados los sitios se procederá a la selección de alternativas, aspecto que puede hacerse por las técnicas corrientes de Ingeniería de Sistemas e Investigación Operacional.

Para aclarar estos conceptos, desarrollamos un ejemplo, en el Municipio imaginario llamado Pacho.

Se reunió el comité de expertos y clasificaron los criterios de selección con los siguientes puntajes:

CRITERIOS DE SELECCION	PUNTAJE	%
Distancia al Centro de Producción	60	18
Accesibilidad al sitio	40	12
Area del sitio	20	6
Uso actual del sitio	20	6
Pendiente del sitio	20	6
Profundidad hasta la roca dura	20	6
Posibilidad de material de cobertura	30	9
Profundidad de la tabla de aguas	20	6
Efecto Ambiental	50	14
Densidad Poblacional	10	3
Permeabilidad	30	9
Uso futuro del sitio	10	3
Efecto de la Congestión del Tráfico vehicular	5	1
Impacto del tráfico automotor sobre la comunidad	5	1
TOTAL	340	100

Para efectos de desarrollar el ejemplo, suponemos que en el Municipio Pacho, fueron seleccionados los siguientes sitios con la tecnología de los planos sobrepuestos:

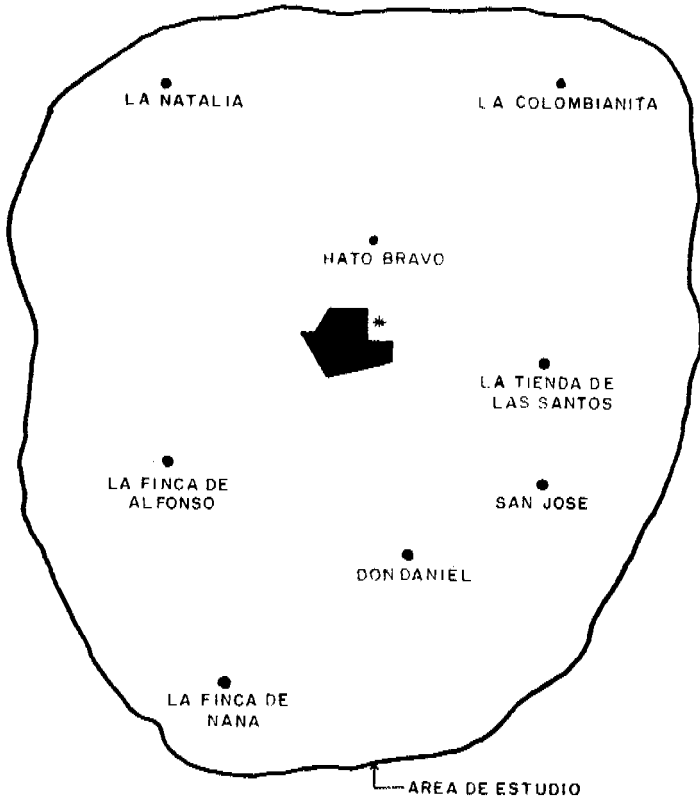
La Natalia
Hato Bravo
La Tienda de las Santos
La Finca de Nana
San José
Don Daniel
La Colombianita
La Finca de Alfonso

Estos sitios están localizados en la Figura #6-8 y fueron calificados según la técnica que se muestra en el Cuadro #6-1

El orden de elegibilidad, de acuerdo con el puntaje del Cuadro #6-1 será:

SITIO	PUNTAJE
La Natalia	225
Hato Bravo	219
La Tienda de las Santos	213
La Finca de Nana	198
La Finca de Alfonso	190
San José	187
Don Daniel	162
La Colombianita	136

FIGURA #6-8
SELECCION DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO
Municipio de Pacho



* MUNICIPIO DE PACHO -- Zona Urbana

CUADRO #6-1
SELECCION DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO

Cuadro No. 6-1
SELECCION DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO

B	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	TOTAL PUNTAJE
	DON DANIEL	20	10	10	5	20	5	20	5	5	30	10	10	10	1	1	162
	LA FINCA DE ALFONSO	10	40	5	10	20	20	5	30	20	5	10	5	5	3	2	190
	LA NATALIA	20	35	10	5	20	20	5	30	5	40	10	5	10	5	5	225
	LA TIENDA DELAS SANTOS	40	30	1	15	20	10	20	25	10	10	10	5	10	2	5	213
	SAN JOSE	50	30	1	10	10	15	5	10	15	5	10	10	10	1	5	187
	LA COLOMBIANITA	25	5	5	5	5	5	10	5	20	20	10	10	5	5	1	136
	LA FINCA DE NANA	5	25	1	15	10	15	10	25	20	40	10	5	10	2	5	198
	HATO BRAVO	50	35	10	10	20	10	10	25	5	10	10	10	10	2	2	219

CONVENCIONES :

- | | |
|---------------------------------|--|
| A Criterios de Selección | 8 Material de Cobertura |
| B Sitios | 9 Profundidad del Agua |
| 1 Distancia al Centroide | 10 Efecto Ambiental |
| 2 Accesibilidad | 11 Densidad de Población |
| 3 Ferrocarril | 12 Permeabilidad |
| 4 Area del Sitio | 13 Uso Propuesto |
| 5 Ocupación Actual | 14 Efecto en congestión de Vías |
| 6 Pendiente | 15 Impacto sobre el Tráfico |
| 7 Profundidad de la Roca | |

De hecho, si se mantiene este orden se adoptaría el denominado La Natalia; en caso que el nivel político no admita, podría tomar Hato Bravo, si tampoco, puede tomar la Tienda de las Santos, la Finca de Nana, La Finca de Alfonso y así sucesivamente.

Si, por ejemplo, se necesitan dos sitios uno al Norte y otro al Sur, los mejores serían según la Figura #6-8 y el orden de elegibilidad, al Norte La Natalia y al Sur La Tienda de las Santos, en este caso, se juegan las posibilidades como en el anterior.

Como se observa en este ejemplo, se acepta decisiones del "nivel político" o del "nivel legal"; porque en la selección de sitios para futuros Rellenos Sanitarios, se mueven todo tipo de intereses exógenos al nivel técnico.

6.7 PREDISEÑO

6.7.1 CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS A DISPONER

Para iniciar un prediseño o un diseño definitivo es imprescindible conocer las características cuantitativas, físicas y químicas de las basuras y de sus proyecciones (ver Capítulo Segundo de este texto).

El diseñador debe conocer qué tipo de basura se va a enterrar: si es doméstica, comercial, industrial no peligrosa, industrial peligrosa, etc; las cantidades a disponer durante todo el período de diseño, la composición física y química actual y sus proyecciones durante el período de diseño.

6.7.2 CAPACIDAD DEL RELLENO SANITARIO

Con un buen plano topográfico del sitio a disponer se elabora el prediseño de las vías de acceso, de los canales interceptores de aguas lluvias, de los cercos y se determina el área útil a utilizar.

Conociendo el total, en peso, de la basura a disponer en el período de diseño se calcula el total en volumen de la misma basura (ver capítulo segundo de este texto); con el total en volumen aumentado en un 20% (solo para efectos del prediseño) equivalente al material de cobertura se calcula, el total de volumen necesario para la basura y el material de cobertura; este cálculo se repetirá posteriormente en el diseño definitivo para ajustarlo a los valores exactos.

El volumen necesario dividido por el área disponible dará la altura promedio del Relleno, aspecto este que indicará la posible forma de Relleno Sanitario y ayudará a tomar las decisiones sobre el área, altura, vías de penetración, vías internas y operación futura del Relleno Sanitario.

6.7.3 CLIMATOLOGIA

El conocimiento de las características hidrológicas de la zona en la cual se va a construir un Relleno Sanitario, permite evaluar las posibilidades de infiltración en el terreno, como consecuencia de la precipitación o de la evapotranspiración.

6.7.4 CARACTERISTICAS DE LOS LIXIVIADOS

Cuando se efectúa la Disposición de Basuras en un Relleno Sanitario, se presentan corrientes de líquidos residuales, que si no se controlan o tratan adecuadamente son fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Las características de los lixiviados son específicas para cada sitio, ya que dependen de la composición de los residuos sólidos dispuestos en el lugar, así como de la temperatura, humedad y pH de los mismos y de la calidad del agua superficial y subterránea que logra pasar hacia la zona donde se encuentra la basura. Es difícil estimar los rangos para las características esperadas de un lixiviado aunque se conozca la composición de la basura, debido a que no existe una metodología para tal fin; en el Cuadro #6-2 se muestra la comparación de algunos lixiviados encontrados en Estados Unidos con los de Medellín, Colombia.

Del conocimiento sobre las características generales de las basuras, se pueden inferir algunos aspectos de sus lixiviados; por ejemplo, si al Relleno Sanitario solo llegarán basuras domésticas, se puede presumir que las concentraciones de mercurio sean muy bajas; generalmente cuando las basuras a disponer solo son domésticas, comerciales o industriales no peligrosas, puede asumirse que los lixiviados generados no presentarán problemas críticos de contaminación, debido a la presencia de metales o materiales tóxicos y seguramente podrán ser recirculados o tratados en una planta convencional para aguas residuales.

Cuadro #6-2
LIXIVIADOS GENERADOS EN RELLENOS SANITARIOS
ESTADOS UNIDOS Y MEDELLIN

PARAMETROS	USA	MEDELLIN
DQO mg/l	16.000 a 22.000	30.156 a 53.906
DBO ₅ mg/l	7.500 a 10.000	20.708 a 33.000
Cloruro mg/l de Cl	600 a 800	42 a 2.250
Conductividad mohs/cm	6.000 a 9.000	10.000 a 16.200
Dureza mg/l de CaCO ₃	3.500 a 5.000	4.900 a 17.500
Hierro mg/l de Fe	210 a 325	1.825 a 1.750
Cobre mg/l de Cu	0,5	0,001 a 0,0047
Plomo mg/l de Pb	1,6	0.006 a 0,042
Cadmio mg/l de Cd	0,4	
pH	5,2 a 6,4	5,3 a 5,8

FUENTE: USA: Gas and leachate from land disposal of Municipal solid Waste; summary report Cincinnati. U.S./EPA - 1975.
MEDELLIN: Análisis físico químico del lixiviado del Relleno Sanitario Piloto "Plaza de Ferias" EEVV de Medellín. 1984.

Cuando los lixiviados se comiencen a producir, se analizarán para conocer sus características especiales y definir sobre su tratamiento.

En Estados Unidos se han efectuado varios estudios en Rellenos Sanitarios para determinar el tiempo en el cual aparecen por primera vez los lixiviados y la cantidad anual producida, realizando correlaciones de la cantidad infiltrada al sitio de disposición final, con la profundidad y con el área del Relleno Sanitario respectivamente. En Colombia este tipo de investigación no se ha desarrollado y por tanto la información existente es insuficiente para realizar los estimativos correspondientes.

Una buena medida para controlar la producción de lixiviados y gases en el Relleno Sanitario, es mantener un control sobre las aguas lluvias por medio de canales que las intercepte y las lleve fuera del área de trabajo; también se deben controlar las aguas lluvias con la pendiente del terminado diario y final que siempre debe ser del orden del 3% hacia el exterior.

Mientras que se estudie suficientemente en Colombia la relación de producción de lixiviados con la cantidad de basura, humedad, precipitación, etc, será necesario hacer balance de agua con la precipitación y cálculos de la generación de lixiviados durante la descomposición anaeróbica de la basura.

6.7.5 GASES

La descomposición de la materia biodegradable por acción de los microorganismos presentes en el medio, ocurre en dos etapas: aerobia y anaerobia. La aerobia, está limitada por la cantidad de oxígeno atrapado dentro de las celdas y disponible para las bacterias; la anaerobia predomina en el Relleno Sanitario y produce cantidades apreciables de metano y dióxido de carbono, así como tasas de ácido sulfídrico, amoníaco y monóxido de carbono.

La cantidad de gases que se produce, depende fundamentalmente de la composición de la basura dispuesta y de la humedad en el Relleno Sanitario; la velocidad de generación es función del porcentaje del material fácilmente biodegradable, de la humedad, de la temperatura, del pH y de la actividad desarrollada por los microorganismos que predominen.

La presencia de gases en el Relleno Sanitario implica alteraciones en la atmósfera, malos olores, problemas por su migración a través de áreas permeables y peligros de explosión cuando se encuentran concentraciones mayores del 5% de metano en el aire; por otra parte, el contacto del dióxido de carbono, presente en los gases, con el agua, aumenta la dureza de ésta alterando sus características.

Dentro del Relleno Sanitario el peligro de explosión es mínimo. Cuando el material de cobertura es impermeable, sujeto a agrietamiento y no se ha diseñado suficiente aireación, los gases tienden a acumularse en los vacíos dentro del Relleno aprovechando cualquier fisura para salir y originar concentraciones altas de metano con peligros de explosión; cuando los gases salen, causan asentamientos por pérdida de presión. El control de los gases tiene como fin prevenir el daño que puedan causar a las personas, las propiedades y la vegetación, ya sea por la eliminación de oxígeno del ambiente o por ser causa de incendios o explosiones, entre otros. El control del movimiento de los gases depende de las características del suelo.

En todo Relleno Sanitario es necesario calcular la cantidad teórica de gas que pueda generarse tanto por kilogramo de basura enterrada como por el total en el período de diseño.

La experiencia de recuperación de gas no es muy clara. Se estima que primero se deben hacer los Rellenos Sanitarios, adquirir experiencia y luego proceder a recuperar el gas; sin embargo, experiencias en otros países demuestran que para cantidades de basura inferiores a un millón de toneladas, no es posible operar el sistema con márgenes de utilidad aceptables.

Mientras se obtienen resultados, se debe controlar la acumulación de gases en el Relleno Sanitario mediante chimeneas con o sin quemadores. Las chimeneas se pueden ubicar inicial-

mente cada 60 metros de forma que cada una tenga un radio de influencia de 30 metros; dicha distancia se puede aumentar o disminuir según los resultados que se obtengan en los primeros años de operación del Relleno. Las chimeneas serán construídas mediante gaviones de un metro cuadrado de área, de acuerdo con los detalles presentados en la Figura #6-9; para que el radio de influencia de las chimeneas sea el máximo posible, se debe mantener control sobre el material de cobertura final, de forma que no se presenten agrietamientos.

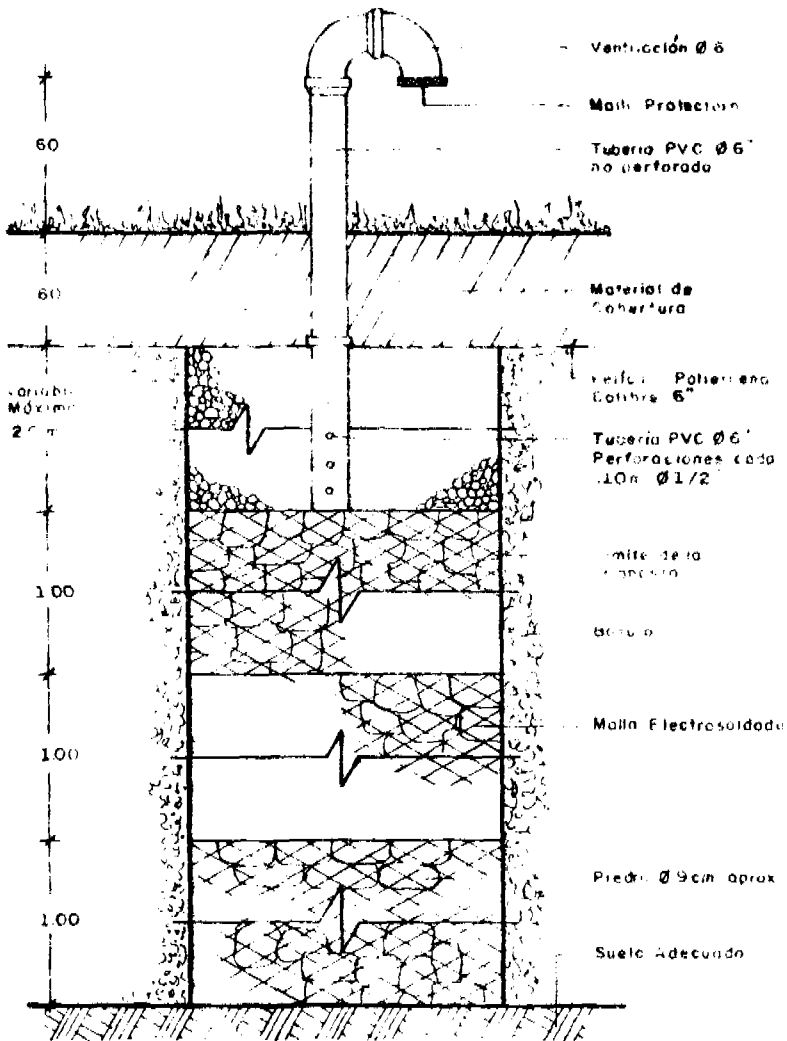
6.8 DISEÑO

6.8.1 ADECUACION DEL SITIO

Inicialmente, se deben tener unos buenos planos topográficos del lugar a escala 1:1000 y curvas de nivel a un metro.

Lo primero que se debe diseñar es la vía de acceso con las especificaciones propias para los vehículos que transportarán la basura hasta el Relleno Sanitario.

FIGURA #6-9
RELLENO SANITARIO SALIDA DE GASES



Se diseñará la caseta de registro con capacidad para la administración del Relleno, el manejo de la información y un lugar para que los operarios se cambien de ropa; no debe olvidarse las facilidades para atender las necesidades fisiológicas de los operadores del Relleno Sanitario. De acuerdo con las especificaciones del fabricante, se ubicará la báscula para el pesaje de los camiones; se tomarán las decisiones sobre cerramiento del lugar y se diseñará el canal o canales interceptores de aguas lluvias.

La adecuación del sitio comprende también el descapote, material que debe acumularse para ser utilizado posteriormente como material de cobertura.

6.8.2 CELDA UNITARIA

La Celda Unitaria se define como la cantidad de basura que se entierra en el Relleno Sanitario en un día y el material de cobertura necesario para tlarla; teóricamente, la Celda Unitaria, es un paralelepípedo con un frente equivalente al ancho del frente de trabajo, una altura que la define el diseñador de acuerdo con sus necesidades y un largo o profundidad que está definido por la cantidad de basura que llegue al Relleno en un día y que se entierre con la tecnología apropiada.

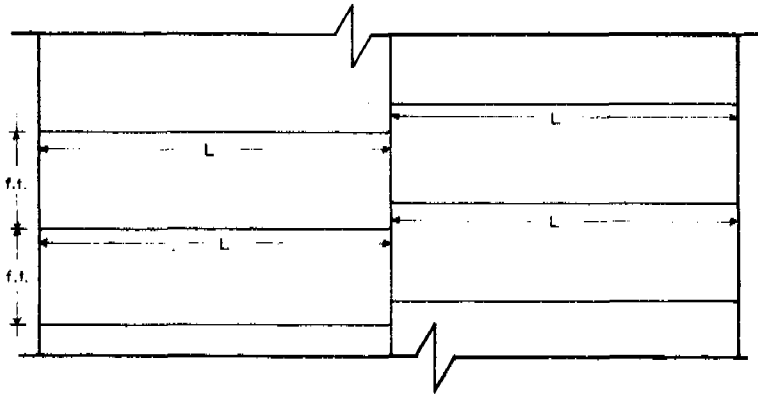
El frente de trabajo o ancho de la Celda es el espacio necesario para que puedan descargar los carros que transportan la basura. En la práctica, se aconseja adoptar 5 metros por cada

uno; un vehículo descarga su basura en 5 minutos lo que equivale a decir que el mínimo frente de trabajo para un Relleno Sanitario, debe tener capacidad para descargar un carro cada cinco minutos o sea 12 vehículos por hora; si se considera que el Relleno debe recibir 2 carros en cinco minutos, el frente de trabajo tendrá entonces 10 metros y así sucesivamente. El alto de la celda puede ser de 2,00 metros a 2,50 metros o más. Finalmente, si se toma el volumen diario de basura, se divide por el frente de trabajo y por el alto, dará la profundidad que se denomina el Avance Diario del Relleno Sanitario.

Después de descargar la basura en el sitio más cercano al frente de trabajo, los residuos sólidos se esparcen en capas de 0,30 metros y se compactan con el tractor; esta operación se efectúa con repetidas pasadas sobre la basura hasta alcanzar, mínimo, un peso específico de $0,7 \text{ t/m}^3$. Se debe mantener un estricto control sobre la compactación. Por ejemplo, cada dos semanas, el supervisor ordenará hacer apiques sobre el área compactada para comprobar su calidad y en caso necesario efectuar las correcciones necesarias.

La celda diaria, se cubrirá con 0,10 - 0,15 metros de material de cobertura como se muestra en la Figura #6-10.

FIGURA #6-10
DISEÑO DE LA CELDA DIARIA



f.t. = Frente de Trabajo = Ancho de la Celda
L = Largo de la celda

PLANTA

Finalmente, al alcanzar el Relleno Sanitario la altura indicada en el diseño correspondiente, se cubrirán las celdas con 0,60 metros de material de cobertura e inmediatamente se sembrará con pasto.

Para efectos de diseño, la longitud o avance diario de las celdas, se toma como el promedio del año (dividiendo el total de basura a recolectar en el año por el número de días que llega basura al Relleno).

6.8.3 MATERIAL DE COBERTURA

El material de cobertura preferencialmente se debe obtener del mismo sitio del Relleno. De no ser así habrá que estudiar cuidadosamente de dónde se transporta, para que no falte durante la operación del Relleno Sanitario.

Existen dos clases de material de cobertura:

- Diaria: de 0,10 m a 0,15 m de espesor para conformar la celda, controlar la presencia de vectores, el esparcimiento de papeles, los incendios y la infiltración de agua lluvia.
- Final: de 0,40 m a 0,60 m de espesor, colocada en dos capas de 0,20-0,30 m; la primera se coloca y compacta; después de un mes, aproximadamente, se corrigen con nuevo material de cobertura los posibles hundimientos y grietas y finalmente se adiciona el resto de material con tierra negra y se siembra inmediatamente pasto para evitar la erosión.

El material de cobertura final, se coloca después que las celdas diarias lleguen al nivel máximo propuesto en el respectivo diseño.

Por los métodos corrientes de topografía se debe calcular la cantidad de material de cobertura necesario para que el diseño prevea cualquier falta de él; en este momento, se efectuará la relación exacta del volumen real de basura y del material de cobertura necesario, para cubrirla.

6.9 OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

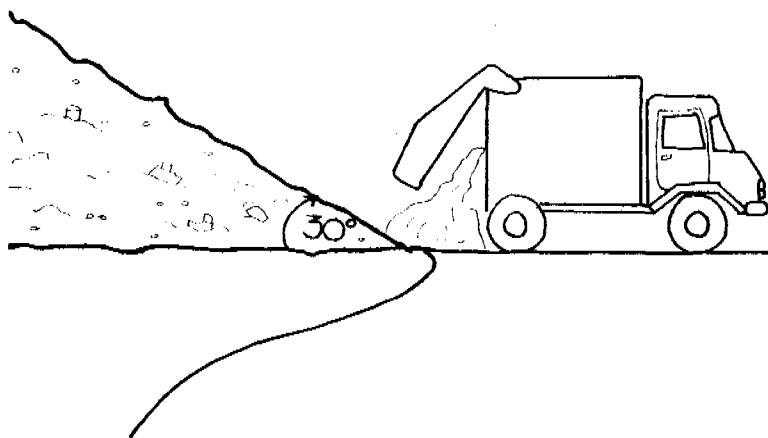
6.9.1 PROCEDIMIENTO DE DESCARGUE

Diariamente el Supervisor del Relleno Sanitario, debe colocar señales indicando la celda donde se depositará la basura. Al entrar el vehículo al Relleno, el conductor recibirá las indicaciones necesarias para llegar al frente de trabajo y efectuar la operación de descargue correspondiente.

En el frente de trabajo, el vehículo debe entrar en reversa siguiendo las instrucciones del Supervisor y siempre descargará en la parte inferior del frente de trabajo, como se muestra en la Figura #6-11.

Inmediatamente después, el bulldozer esparce la basura en capas de 0,30 metros y la compacta según lo indicado anteriormente.

FIGURA #6-11
RELLENO SANITARIO
DESCARGUE DE BASURA EN EL FRENTE DE TRABAJO



6.9.2 CONTROL DE VECTORES

La presencia de vectores es un indicador de mal manejo del Relleno Sanitario. Los vectores se eliminan con una buena operación y no con insecticidas ni rodenticidas que aunque momentáneamente disminuyen el problema, lo complican a corto, mediano y largo plazo por los cambios biológicos que producen.

En el caso posible que se presenten vectores, el Supervisor debe revisar el área del Relleno Sanitario y en aquellas deterioradas que sean el habitat de los vectores, ordenará una nueva capa de 0,20 m de material de cobertura con nueva compactación.

6.9.3 CONTROL DE PAPELES Y PLASTICOS

Para controlar los papeles y plásticos que transporta el viento en la operación de vaciado, siempre se debe mantener en la dirección de donde provenga 4 o más mallas de alambre, como se indica en la Figura 6.12, para que capten los materiales que son arrastrados; estas mallas se pueden hacer de alambre calibre 10 con huecos de 2"; longitud de 2 metros y altura de 2 metros con los detalles mostrados en la Figura #6-13.

Diariamente se deben limpiar las mallas y disponer en el frente de trabajo, los elementos captados.

FIGURA #6-12
RELLENO SANITARIO
Protección contra el viento

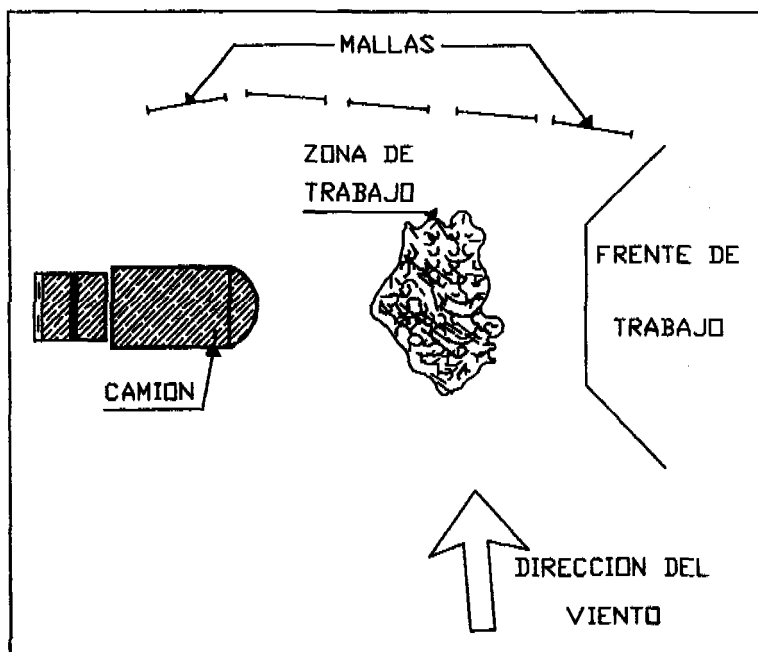
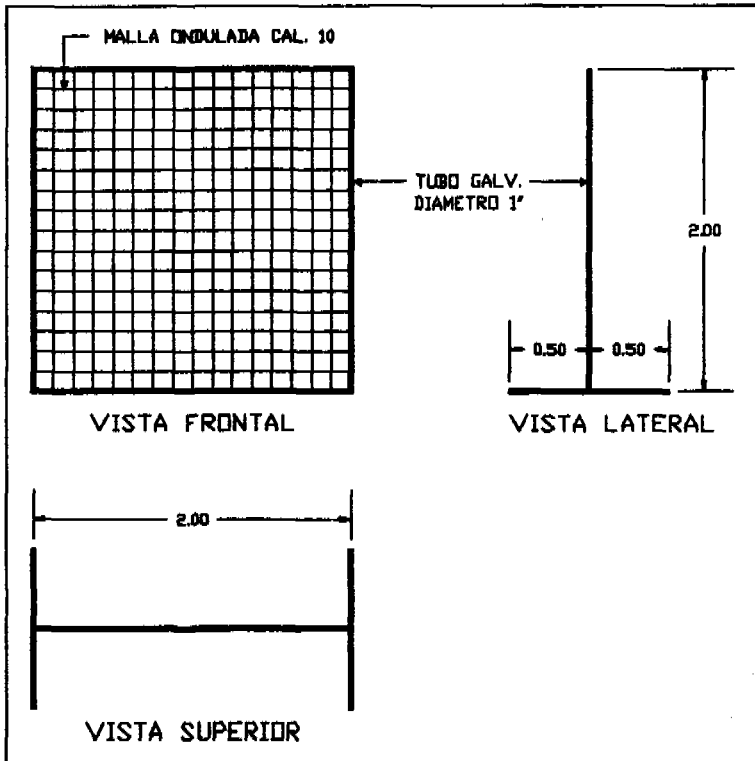


FIGURA #6-13
RELLENO SANITARIO
Detalles de las Mallas captadoras de papeles y plásticos



El Supervisor cuidará que las mallas se mantengan en su posición; cuando cambie la dirección del viento se harán inmediatamente las variaciones correspondientes.

Se debe tener cuidado de recoger los plásticos que el Relleno expelle a la superficie por acción de los gases que se producen, estos plásticos se deben capturar diariamente, por ejemplo con un palo puntiagudo, y enterrar en el frente de trabajo.

6.9.4 PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Todo vehículo que entre al Relleno Sanitario debe poseer extintor de incendios, con capacidad de operación inmediata.

En el Relleno Sanitario no se deben quemar basuras. En caso estrictamente necesario se tomarán todas las precauciones para prevenir un posible y siempre peligroso incendio.

Si se llega a presentar un incendio en la basura, el tractor procederá a su control, tapándolo con material de cobertura y después de apagado, compacta para continuar el proceso de tal manera que sobre la zona apagada se mantenga un estricto control y así evitar los reincendios. Es recomendable clasificar la basura de tal manera que sobre la zona apagada se coloque la húmeda de carácter putrescible y sea compactada por lo menos el doble de lo normal.

Los incendios solo pueden generarse por la presencia de aire dentro del Relleno Sanitario, por tanto una buena operación elimina esta posibilidad ya que la compactación y el cubrimiento continuo reducen la introducción del aire a la basura luego que ha sido dispuesta.

6.9.5 EQUIPO

El equipo necesario en el Relleno Sanitario, se calcula con base en el rendimiento de la máquina que dé el fabricante. Se debe tener en cuenta que el rendimiento para manejar basura es diferente al de manejar el material de cobertura.

Los volúmenes de basura a mover se toman como el promedio diario del año según los cálculos de recolección; con éstos y con los rendimientos se conocen entonces las horas necesarias por día.

6.9.6 USO FUTURO

El uso futuro de un Relleno Sanitario es que se debe prever desde un principio. Es muy peligroso, por la producción de gases, permitir el uso de antiguos Rellenos para viviendas o escuelas.

Las características de los sitios que han sido utilizados para Rellenos Sanitarios se prestan para desarrollar programas de recuperación paisajística y social como parques y zonas de recreación popular.

Debe favorecerse el crecimiento de plantas como el pasto, que en muchos casos se desarrolla espontáneamente. Sin embargo, para acelerar el establecimiento de pastizales, es conveniente sembrar cespedones en un 10% o más del área en la cual se realizó el Relleno Sanitario.

6.10 PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL

6.10.1 GENERALIDADES

El diseño de un Relleno Sanitario debe considerar, como prioridad, el control de las fuentes potenciales de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, del suelo y del aire, así como también debe prevenir cualquier daño a los organismos vivos y a las personas que se encuentren presentes en la zona de influencia del sitio de disposición de residuos.

Desde dicho punto de vista, el Programa de Vigilancia y Control es básico, porque permite verificar que tan aceptables son las medidas adoptadas para el control de los gases y lixiviados generados en el sitio de disposición y en caso de que ellas fallen, ya sea por inadecuada operación del Relleno Sanitario o por mantenimiento deficiente, detecta el flujo de contaminantes y permite tomar las medidas correctivas que sean necesarias para la preservación del medio ambiente.

El desarrollo del plan de monitoreo proporciona, además, información sobre tiempo de degradación y características particulares de los lixiviados y gases, especialmente cuando se toman muestras de dichas corrientes residuales dentro del Relleno Sanitario.

6.10.2 SELECCION DE LOS SITIOS DE MUESTREO

La selección de los sitios para efectuar el control de la migración de gases y lixiviados, generalmente se efectúa dentro y fuera del área del Relleno Sanitario y siempre considerando la topografía y geología del lugar.

El diseño y construcción de los pozos para control de los lixiviados, debe permitir captar el agua subterránea que se presente en el sitio. Las profundidades se diseñarán de acuerdo con la hidrogeología del lugar. En la Figura #6-14 se presenta un modelo de pozo para monitoreo de lixiviados fuera del Relleno

Sanitario y en la Figura #6-15 un modelo de pozo para vigilancia de lixiviados dentro del Relleno Sanitario. El tanque de almacenamiento de los lixiviados, es un buen sitio para toma de muestras y siempre se debe tener en cuenta para los programas correspondientes.

La presencia de gas dentro del Relleno Sanitario, puede detectarse en las chimeneas diseñadas para permitir su escape hacia la atmósfera; fuera del área del Relleno Sanitario el gas se debe detectar por medio de pozos especialmente diseñados para tal fin como el que se muestra en la Figura # 6-16.

6.10.3 PARAMETROS

Los constituyentes que se deben incluir en un programa de vigilancia y control dependen de las características de la basura a disponer.

Para los Rellenos Sanitarios de tipo doméstico, los parámetros utilizados son generalmente los que han sido detectados en lixiviados generados por dicha clase de residuo, adicionales de otros parámetros para controlar la presencia de sustancias contaminantes como consecuencia de la disposición de residuos industriales, circunstancia que eventualmente se puede presentar.

FIGURA #6-14
MODELO DE POZO PARA
TOMA DE MUESTRAS DE LIXIVIADOS
FUERA DEL RELLENO

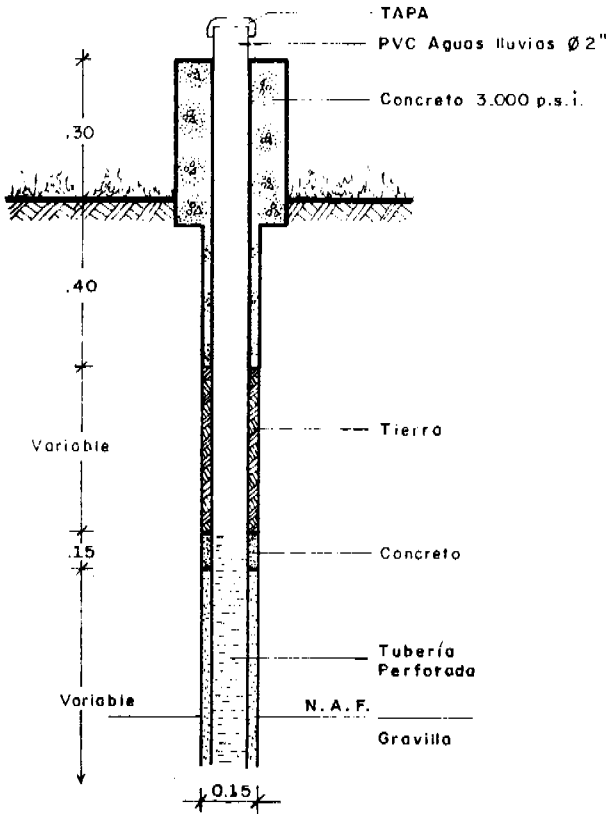


FIGURA #6-15
MODELO DE POZO PARA
TOMA DE MUESTRAS DE LIXIVIADOS
DENTRO DEL RELLENO

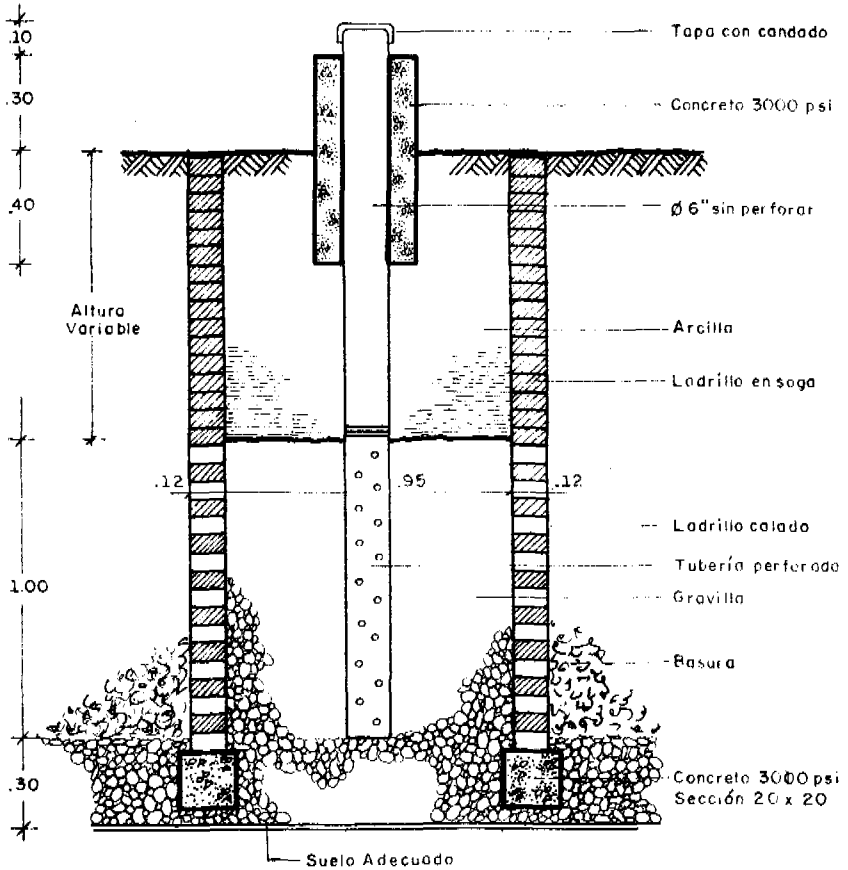
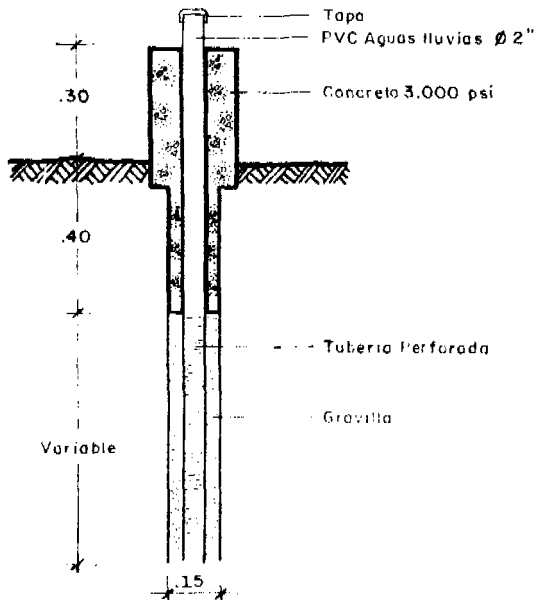


FIGURA #6-16
MODELO DE POZO PARA
TOMA DE MUESTRAS DE GASES



NOTA:

Los pozos pueden también ser utilizados para vigilar la migración de líquidos en caso que se detecte un nivel de agua en la perforación.

En el Cuadro #6-3, se indican los dos grupos anteriormente mencionados, los cuales serán evaluados en lapsos diferentes. Aunque el número de parámetros puede parecer excesivo, es importante el conocimiento completo de la calidad del agua existente en el sitio antes, durante y después del Relleno Sanitario, así como también la determinación de las características del lixiviado generado; después de los primeros ensayos, puede disminuirse el número de parámetros a analizar, de acuerdo con la conveniencia técnica.

**CUADRO #6-3
PARAMETROS A ANALIZAR
PROGRAMA DE VIGILANCIA Y CONTROL
RELLENO SANITARIO CON BASURA DE TIPO DOMESTICO**

GRUPO 1 TIPO DOMESTICO	GRUPO 2 TIPO INDUSTRIAL
- Nivel de agua en el pozo	- Plomo
- DBO	- Mercurio
- DQO	- Cadmio
- pH	- Cromo Total
- Temperatura	- Cianuros
- Sólidos totales	- Fenoles
- Nitrógeno total	- Tensoactivos
- Fósforo total	
- Dureza	
- Alcalinidad	
- Calcio	
- Magnesio	
- Cloruros	
- Sulfatos	
- Hierro	
- Sodio	
- Potasio	
- Sólidos disueltos	

En cuanto al control de gas, se debe detectar principalmente el metano y ácido sulfídrico.

6.11 INFORMACION SOBRE COSTOS

Todo diseño debe incluir una evaluación económica de alternativas y luego unos costos definitivos de las alternativas seleccionadas. Por tanto, se requiere alguna información sobre costos, que en muchas ocasiones, desafortunadamente no está disponible porque se refieren a costos inherentes al servicio y los registros de éste son deficientes.

En general, la evaluación económica se hace sobre la base de costos equivalentes anuales de cada alternativa.

Los costos se discriminan en:

- Costos de Inversión
- Costos de Operación

Para los costos de inversión es necesario asociar cada ítem con una vida útil, la cual es variable. En términos generales se puede tomar de 5 años a 7 años para maquinarias y de 20 años a 25 años para obras civiles.

Para maquinaria es necesario estimar anualmente:

- Costos de recuperación, a una tasa de inversión que tome en cuenta los cambios del valor del dinero.

- Costos de seguros.
Se recomienda 5% del valor total.

- Mantenimiento.
El 5% del valor total.

En obra civil es necesario estimar los costos de:

- Caseta para control de báscula.
- Edificio para administración.
- Servicios públicos.
- Encerramiento del sitio.
- Vías internas.
- Vías externas.
- Terreno necesario.
- Preparación del sitio.
- Arquitectura (incluye paisajismo)
- Cobertura final (arcilla necesaria)
- Sistema de recolección de percolados.

- Sistema de recolección de gases.
- Sistema de disposición de residuos peligrosos.
- Costos de ingeniería de diseño e interventoría.

A la suma de estos costos se le calcula entonces un costo anual equivalente, con una tasa de recuperación menor a la utilizada para los equipos.

Para los costos de operación se requiere:

- Costos de combustible, sobre la base de un costo por unidad de trabajo (kilómetro, tonelada, hora).
- Costos de aceites y lubricantes que pueden tomarse como 0,25% del consumo de combustible.
- Costos de mano de obra, la cual debe incluir todas las prestaciones sociales y la administración asociada.
- Costos de servicios públicos.

Como se observa, es una lista bastante numerosa que puede ampliarse mucho más, dependiendo de lo exhaustivo que se requiere ser.

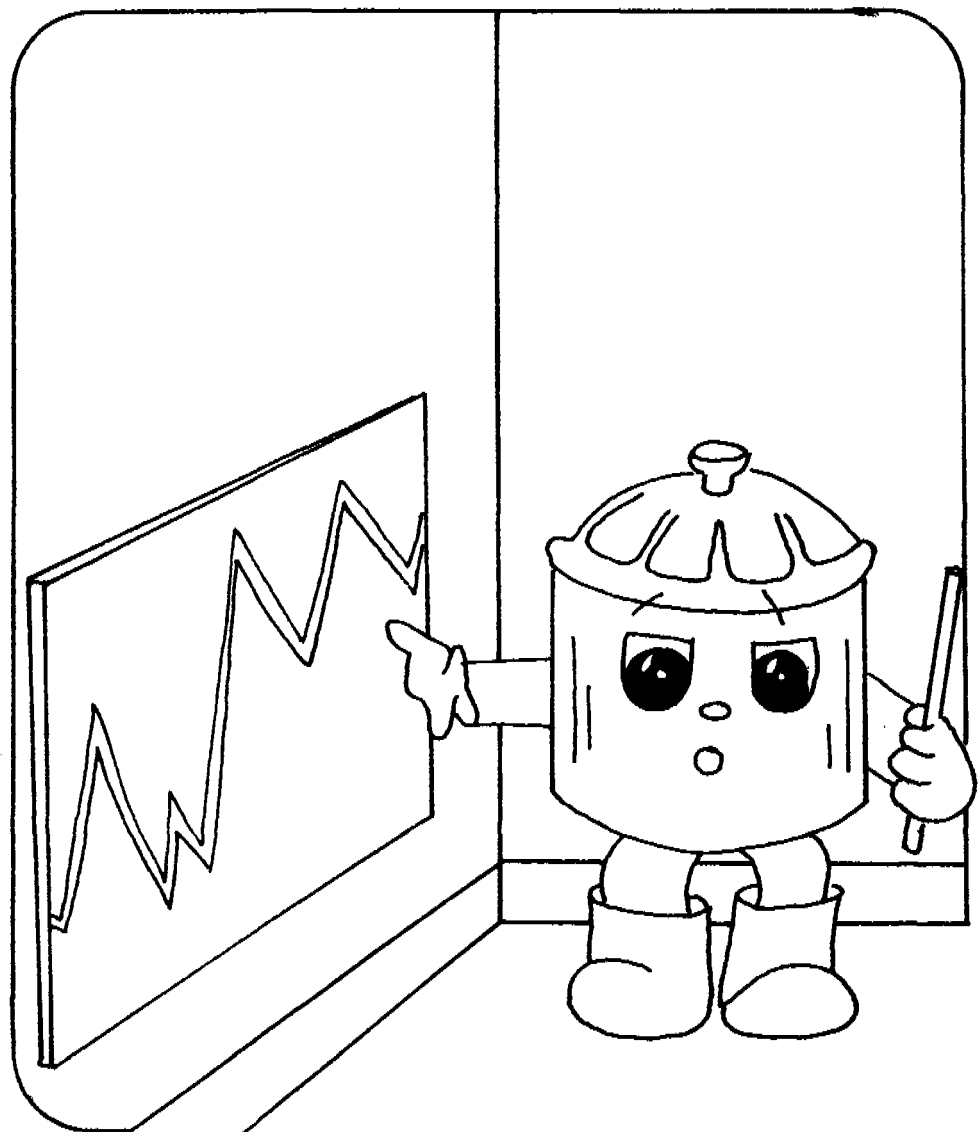
En muchas ocasiones no existe la suficiente información para conocerlos por lo que es en esta parte en donde se requiere del mayor juicio y criterio por parte del grupo que elabora el diseño.

BIBLIOGRAFIA

DUQUE, Ramón et al. Manual del Curso de Postgrado sobre disposición de Desechos Sólidos. Universidad del Valle. División de Ingeniería. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos, Sección de Saneamiento. 1976.

STICKELEBERGER, D. Survey of Solid Wastes Management Practices. World Health Organization. Dubendorf Suiza. 1971.

TCHOBANOGLOUS, George. THIESEN, Hilary. ELIASSEN, Rolf. Solid Wastes. Engineering Principles and Management Issues. Mc Graw-Hill Book Company. New York. 1977.



CAPITULO SEPTIMO
INDICADORES

CAPITULO SEPTIMO INDICADORES

Este Capítulo se llama Indicadores y no Administración porque esta última depende de muchas variables que no se pueden controlar tales como, política gubernamental, política económica, tipo de empresa que presta el servicio y capacidad, entrenamiento, calidad y aún la honestidad del gerente y grupo gerencial, las cuales son muy difíciles de tratar en un texto.

Los indicadores nos muestran la velocidad de cambio, positivo o negativo, del cumplimiento de los objetivos de la empresa que presta el servicio, nos permite reevaluar constantemente la eficacia y eficiencia del servicio a través del tiempo y comparar la calidad, rendimientos y costos con otras ciudades dentro y fuera del país, por tanto son un instrumento valioso para la Administración.

En el manejo de los residuos sólidos el Gerente de la Empresa que presta el servicio debe dirigir todos los aspectos relacionados con la producción, el almacenamiento, la presentación, la recolección, el transporte, la transferencia y la disposición final de todo tipo de basura, es decir, la domiciliaria, comercial,

industrial, institucional, barrido de calles, aseo de edificios y lugares públicos y aseo de los lugares turísticos; debe dirigir también el manejo de los desechos de la industria que produce alimentos y de la que no las produce, de las industrias que producen residuos no peligrosos y peligrosos y de éstos los patológicos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radioactivos y voluminosos.

Para dar sólo unos ejemplos de la complejidad del problema, un Gerente debe conocer día a día cuánta basura voluminosa industrial se produce en su ciudad, cuánta se recoge de esta y cuánta llega al sitio de disposición final; o de la basura del barrido de calles que se produce, cuánta se recoge, cuánta se transporta y cuánta llega a los sitios de disposición final.

Otra responsabilidad del Gerente de la Empresa que presta el servicio es -administrar- el sistema: planear, organizar, dotar, dirigir y controlar el personal y los aspectos financieros dándole mucha importancia a los Ingresos y Egresos para mantener la estabilidad económica de la Empresa.

El Gerente también debe -Representar- la Empresa ante otras entidades, tales como el Concejo Municipal, el Alcalde Municipal, las Juntas de Gobierno y de Acción Comunal, mantener sus relaciones políticas, dictar y recibir conferencias y dar declaraciones a la prensa para mantener informada a toda la ciudadanía sobre el manejo, problemas y proyecciones del Servicio de Aseo.

Para poder conocer todos los aspectos anteriores, un Gerente, necesita "Indicadores" que le muestren cómo está, dónde debe aplicar correctivos, cómo debe emplear el tiempo de los trabajadores y en fin: qué es lo más importante para -dirigir-, qué necesita más de su -administración- qué puede delegar y qué debe -representar-, es decir a quiénes recibe, cuándo y qué debe informar al Alcalde o al Concejo Municipal o qué tipo de información debe dar a la prensa, por ejemplo.

Los indicadores deben ser:

- Sencillos: que se puedan medir fácilmente, sin necesidad de grandes complejidades burocráticas ni mecánicas.
- Económicos: La medición de un indicador no debe implicar un costo demasiado alto para la Empresa.
- Representativo: Un indicador debe evaluar exáctamente lo que se desea que evalúe. Suena demasiado obvio, pero hay ocasiones donde el sentido común falla.
- Oportuno: El indicador debe existir cuando se necesite, en el momento oportuno.
- Utilizable: Los indicadores para archivar no sirven.

Si se hacen esfuerzos para medir un indicador es porque previamente se ha definido su utilidad.

- **Sensibles:** El comportamiento del sistema se evalúa por los cambios que se produzcan en los indicadores.

Indicadores que no se afecten por modificaciones en los sistemas no son recomendables.

- **Precisos:** El indicador debe permanecer constante cuando se mida varias veces, con condiciones iguales.
- **Disponible:** El dato o información para calcular el indicador debe ser fácil de encontrar y calcular.
- **Pocos:** en la era del computador, hay que tener mucho cuidado con la cantidad de indicadores; frecuentemente se producen tantos, que ninguno se utiliza.

A continuación se presentan algunos Indicadores que se considera pueden ser útiles para dirigir, administrar y representar una Empresa que preste el Servicio de Aseo Urbano.

7.1 PRODUCCION TOTAL DE BASURA

Se calcula multiplicando la producción por habitante (pph) (normalmente en kilogramos/habitante-día) por los habitantes de la

ciudad; también se puede multiplicar la producción por vivienda (ppv) en kilogramos/vivienda-día por las viviendas de la ciudad.

La pph o la ppv se deben calcular: doméstica, comercial, institucional, industrial y de barrido de calles y lugares públicas.

Toda Empresa de Aseo debe mantener una oficina que mantenga actualizada la información sobre pph o ppv porque es uno de los indicadores base para calcular otros, también muy importantes.

Algunas experiencias en Colombia, han mostrado los siguientes resultados globales relativos a la pph:

TAMAÑO CIUDAD Habitantes	pph kg/hab-día
Mayores de 2'000.000	1,2
entre 1'000.000 y 2'000.000	0,9
entre 500.000 y 1'000.000	0,7
entre 100.000 y 500.000	0,4
menores de 100.000	0,3

Con relación a los cálculos poblacionales, se sugiere pedir la información pertinente al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) local o más cercano.

7.2 EFICIENCIA GLOBAL DEL SERVICIO

Esta dada por la expresión:

$$\frac{\text{BASURA RECOGIDA EN UN PERIODO} \times 100}{\text{BASURA PRODUCIDA EN EL MISMO PERIODO}}$$

Un método para calcular el numerador puede ser multiplicando el número de viajes en el período por el promedio de carga por cada viaje; esta cifra también es un "Indicador" del rendimiento de carga de los vehículos transportadores de basura. A su vez esto último se puede calcular pesando con frecuencia los camiones con carga y sin ella.

7.3 EFICIENCIA DE LA FRECUENCIA DE RECOLECCION

Está dada por la expresión:

$$\frac{\text{No. de veces que se recoge basura en un periodo}}{\text{No. de veces que debería recogerse, en un periodo}}$$

No basta con recoger la basura. Es necesario recogerla con la frecuencia establecida por normas del servicio, de salud o por patrones culturales.

Tanto éste como el anterior indicador se aconseja medirlo mes a mes.

7.4 COBERTURA

Está dada por la expresión:

$$\text{Eficiencia Global del servicio} \quad \times \quad \text{Eficiencia de la frecuencia de recolección}$$

Normalmente la cobertura se mide en términos de habitantes servidos dividido por el total de habitantes.

Esto técnicamente es correcto pero se especula muy frecuentemente con el numerador induciendo a errores porque no se define qué es un habitante servido. Como la basura se recoge con una frecuencia determinada, por ejemplo dos veces a la semana, entonces, si así es en la práctica, la cobertura tendrá una eficiencia de 1; en el caso que se recoja 1 vez a la semana, será 0,5; si se recoge 1 vez cada quince días, será 0,25; Como se vé, en el primer caso la cobertura real es: (habitantes servidos/total

habitantes) X 1; en el segundo caso la cobertura real será: (habitantes servidos/total habitantes) X 0,5. Este método, que aparentemente es complejo, puede dar datos ciertos y elimina los errores frecuentes de algunas Empresas de Aseo que consideran que prestar el servicio es recoger "alguna vez" la basura.

Sin embargo, es evidente que el mejor indicador en un período dado, es el siguiente:

$$\frac{\textit{Basura Recogida}}{\textit{Basura Producida}} \times \frac{\textit{Frecuencia Real}}{\textit{Frecuencia Teórica}}$$

Una ciudad grande o mediana puede tener varias coberturas en sus diferentes áreas, por ésta razón se debe calcular y conocer en cada zona, barrio y sector de la población; la cobertura total será entonces la sumatoria ponderada de las distintas zonas, barrios o sectores.

7.5 RENDIMIENTO DE LOS VEHICULOS

Este Indicador está dado por la siguiente expresión:

$$\frac{\textit{Basura recogida diariamente (kilogramos)}}{\textit{Número de Vehículos en servicio diariamente}}$$

El indicador debe utilizarse para el total del parque automotor y para cada clase, modelo o marca que tenga la empresa que presta el servicio.

El indicador debe compararse con la capacidad nominal de los vehículos y tener un registro con el tiempo porque frecuentemente los vehículos se van sobrecargando o al contrario no hacen las rutas completas sin que nadie se de cuenta en la empresa; es muy importante disponer del dato dado por este indicador para cada uno de los vehículos de la empresa y revisar los extremos que pueden ser peligrosos tanto los bajos que quiere decir que no cargan la basura, como los altos porque acaban muy pronto con el vehículo.

7.6 ESTADO DEL PARQUE AUTOMOTOR

Dado por la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Número de vehículos en servicio por día}}{\text{Número de vehículos en total}}$$

Este indicador es muy fácil de llevar y se puede hacer por tipo, clase, modelo y marca de vehículo; sin embargo la duda esta cuando un vehículo sale a servicio y se daña. Para facilitar la operación debe eliminarse del numerador; algunos aconsejan tener

en cuenta el porcentaje de recorrido que hizo pero no es correcto porque realmente se debe medir es el número de vehículos "buenos" y en capacidad de prestar el servicio en un día.

7.7 BUROCRACIA DE LA EMPRESA

Toneladas recogidas diariamente en promedio
Número de empleados y obreros de la Empresa

Este indicador se puede hacer también por tipo de personal: administrativo y operativo. Es muy importante llevar la información en el tiempo para controlar la eficiencia o burocratización de la empresa que presta el servicio.

Otra relación muy importante y que muestra muchos cambios insospechados es:

Personal administrativo
Personal Operativo

7.8 RENDIMIENTO DE RECOLECTORES

$$\frac{\textit{Basura recogida diariamente}}{\textit{Número total de obreros en recolección}}$$

Este indicador mide la eficiencia del personal de obreros en recolección de la basura; debe controlarse también a través del tiempo para observar y analizar los cambios que sucedan.

7.9 RENDIMIENTO EN DISPOSICION FINAL

$$\frac{\textit{Toneladas de basura dispuestas correctamente en un día}}{\textit{Toneladas de basura recogidas diariamente}}$$

Este indicador mide la eficiencia global del Relleno Sanitario diariamente. La medición implica, por tanto, una evaluación día a día del funcionamiento del sitio. En caso de no ser 1, se deben revisar las causas por las cuales no alcanza este valor.

Tómese muy en cuenta que el numerador implica el adverbio "correctamente".

7.10 RENDIMIENTO DEL BARRIDO

$$\frac{\text{Basura recogida diariamente en barrido manual}}{\text{Número total de obreros de barrido}}$$

Este indicador puede presentar alguna dificultad de obtener por el numerador, se puede cambiar por el siguiente que es más fácil de conseguir:

$$\frac{\text{Longitud de barrido manual (por ambos lados)}}{\text{Número total de obreros de barrido}}$$

Este último no mide la eficiencia pero es más fácil de obtener.

Cuando se hace barrido con máquinas se pueden utilizar los siguientes indicadores:

$$\frac{\text{Basura recogida diariamente en barrido mecánico}}{\text{Número de horas del equipo en funcionamiento en barrido}}$$

O si es más fácil

$$\frac{\text{Longitud barrido mecánico (por ambos lados)}}{\text{Número de horas del equipo en funcionamiento en barrido}}$$

7.11 RENDIMIENTO DEL COMBUSTIBLE

Número de toneladas recogidas y transportadas diariamente
Vehículos en servicio en un día

Este indicador se debe hacer por tipo de vehículo, marca, modelo, etc. y a través del tiempo; es muy importante porque es uno de los mayores costos en la prestación del servicio de Aseo.

Hay que tomar muy en cuenta que este indicador se modificará sustancialmente cuando cambie la distancia de transporte.

7.12 EJECUCION PRESUPUESTAL

Presupuesto ejecutado en n meses
Presupuesto para n meses

Este indicador evalúa el desarrollo del presupuesto, permite evaluar lo pasado y planificar el futuro.

7.13 COSTO TOTAL POR TONELADA RECOGIDA

\$ pagados por todo concepto en un mes
Basura recogida en un mes, en toneladas

A este indicador es conveniente adicionarle la fecha por la continua devaluación de la moneda. Podría adicionarse con el valor del dólar en la fecha, con el objeto de comparar con información de otros países.

Es conveniente llevar un registro de mes a mes y el promedio de cada año pero es indispensable hacer las correcciones monetarias para no tener información errada que frecuentemente lleva a frustraciones.

7.14 COSTO DE RECOLECCION

\$ pagados por todo concepto en recolección en un mes
Basura recogida en un mes

Se deben tener en cuenta las observaciones efectuadas en el numeral anterior.

7.15 COSTO DE DISPOSICION FINAL

\$ pagados por todo concepto en disposición final en un mes
Basura dispuesta en un mes

Se deben tener en cuenta las observaciones efectuadas en el numeral 7.13.

7.16 COSTO DE BARRIDO

\$ pagados por todo concepto por barrido, mes
Basura recogida por barrido en un mes

Ante la dificultad de obtener el denominador de este indicador se puede cambiar por: longitud de las calles barridas (por ambos lados) en un mes.

Se deben tener en cuenta las observaciones efectuadas en el numeral 7.13.

Los cuatro indicadores anteriores sirven para evaluar el funcionamiento económico del servicio.

Haciendo las correcciones por devaluación e inflación sirven para detectar rápidamente por donde pueden estar infiltrándose los recursos.

De otra parte, no debe olvidarse que estos indicadores, sobre todo en ciudades donde se producen grandes cantidades de basura, tienden a ser insensibles.

Un pequeño cambio en ellos puede implicar aumentos de costos grandes.

7.17 COSTO POR HABITANTE SERVIDO

$$\frac{\textit{Presupuesto ejecutado en un año}}{\textit{Población atendida}}$$

Se deben tener en cuenta las observaciones efectuadas en el numeral 7.13.

7.18 INGRESOS POR TONELADA RECOLECTADA

$$\frac{\textit{Ingresos totales en un mes}}{\textit{Basura recogida en un mes}}$$

Se deben tener en cuenta las observaciones efectuadas en el numeral 7.13.

Es claro que el administrador puede plantear otros indicadores, de acuerdo con sus necesidades, recursos y conveniencias. Pero en tal caso, se recomienda ajustarse a lo aquí sugerido.

BIBLIOGRAFIA

SAKURAI KUNITOSHI "Manual de Instrucción", Gerenciamiento del Servicio de Aseo, Macroindicadores para Gerenciamiento del Servicio de Aseo, Versión Preliminar. Programa Regional OPS-/EHP/CEPIS de Mejoramiento de los Servicios de Aseo Urbano, Febrero de 1.982.

**Este libro se termino de Imprimir
en enero de 1994 en los talleres
gráficos de Beta Impresores.
Teléfono: 244 05 23**

**Editado por:
R.H. Villescas y Cía.
Tel: 2537335**