

LG-057

---

# Guía Práctica N°4. Para la construcción de rellenos sanitarios manuales

---



372.35  
122

## PROGRAMA DE GESTIÓN URBANA

### Números Publicados

- 65** **Mujeres protagonistas del desarrollo local con equidad.** Municipio de Oña-Ecuador; Municipio de Pasto-Colombia; Municipio de Quetzaltenango-Guatemala; Municipio de Valparaíso-Chile. 2000, 68p.
- 66** **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: resumen de cinco experiencias.** PGU, REPPOL, 2 ed., 2003, 37p.
- 67** **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: Plan CIGUA, Santo Domingo, República Dominicana.** Ciudad Alternativa, PGU, REPPOL, 2 ed., 2003, 78p.
- 68** **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: gestión democrática de gobierno, El Salvador.** Asociación FUNDASPAD, PGU, REPPOL, 1999, 33p
- 69** **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: presupuesto participativo, Santo André São Paulo, Brasil.** Prefeitura Municipal de Santo André; Instituto de Governo e Cidadania do ABC; PGU; REPPOL, 2 ed., 2003, 35p.
- 70** **Gobernabilidad Participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local. Descentralización y servicios públicos, Montevideo, Uruguay.** Intendencia Municipal de Montevideo; REPPOL, PGU, 2 ed., 2003, 73p.
- 71** **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: la voluntad de gobernar con todos, México D.F.** COPEVI; SEDEPAC; REPPOL; PGU, 2 ed., 2003, 53p.
- 72** **Guía para la Formulación y ejecución de políticas municipales dirigidas a mujeres, Red Mujer y Hábitat – LAC, 2 ed., 2003, 85p.**
- 73** **Sistematización de las consultas urbanas del Perú,** Mario Zolezzi, PGU, 2000,70p.
- 74** **Violencia urbana contra la mujer: análisis del problema desde la perspectiva de género.** Soraya Smaoun. PGU, 2 ed., 2003, 54p.
- 75** **Avances en la gestión de residuos sólidos de ciudades de América Latina y El Caribe: memorias del seminario de capitalización de experiencias.** PGU, IPES, Municipalidad de Puerto Cortés, 2000, 208p.
- 76** **Gestión integral de residuos sólidos: un modelo por armar. Sistematización de cinco experiencias en América Latina y El Caribe.** PGU, IPES, Municipalidad de Puerto Cortés, 68p.
- 77** **Alimentos para las ciudades: Políticas de abastecimiento y distribución de alimentos para reducir la inseguridad alimentaria.** PGU, FAO, 2000, 50p.
- 78** **Asociaciones público-privadas para la gestión de la infraestructura urbana en países andinos.** PGU, IPES, CDG, PPUE, 2000, 113p.
- 79** **Gestión participativa de Ríos Urbanos en Ciudades de América Latina: Experiencias y Reflexiones,** IPES, PGU, Prefeitura Municipal de Belém do Pará, CEARA PERIFERIA, 2000, 116p.
- 81** **Las tres Manueles "Casa necia que te volviste abrazo". Programa de ahorro y micro crédito popular.** Henriette Hurtado y Saya Saulière. CIUDAD, Municipio Metropolitano de Quito, Centro las Tres Manueles, PGU, 2001, 90p.
- 82** **Los medios de comunicación y la gestión del ambiente urbano: roles y perspectivas en América Latina y El Caribe.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre, PGU, IPES, Nucleo de Ecojornalismo de Rio Grande do Sul, 2000, 63p.
- 83** **PROVE - Programas de Verticalização da Pequena Produção Familiar, Brasília – Brasil.** João Luiz Homem de Carvalho. APROVE, PGU, IDRC, IPES. 2001, 60p.
- 84** **Urban Agriculture in Cities of the 21st Century –innovative approaches by local governments from Latin America and the Caribbean-.** UMP, IDRC, IPES, FAO, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. 2001, 220p.
- 85** **Sistema de gestión Participativa Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.** Augusto Barrera. CIUDAD, 2001, 93p.
- 86** **Diagnósticos Participativos de agricultura urbana. Lineamientos metodológicos y conceptuales.** Marielle Dubbeling y Alain Santandreu. PGU, CIID, IPES, CLAES. 2 ed., 2003, 179p.
- 87** **Promoviendo Servicios para Mujeres Empresarias: concurso sub-regional Andino.** Intercambio; IPES. 2001, 81p.
- 89** **Inclusiveness in Governance: Caribbean Considerations and Experiences.** Edited by Bishnu Ragoonath, UMP, 2001, 80p.
- 90** **La política de desarrollo local: Innovación institucional, participación y actores locales en dos cantones indígenas del Ecuador.** Franklin Ramírez Gallegos. CIUDAD, FORHUM, PGU, 2001, 85p.
- 91** **Ecuador: conflictos sociales en el año 2000.** Mario Unda. CIUDAD, FORHUM, PGU, 2001, 175p.
- 92** **Citizen Governance: Dimensions of Citizen Participation In Contemporary Latin American Municipalities.** Rafael Quintero. VNG, IULA, NOVIB, PGU, 2001, 123p.
- 93** **Instrumentos de Democratização e Gestão Urbana.** Fórum Nacional de Reforma Urbana – Brasil, PGU, 2001, 83p.
- 94** **Relatorias del I Encuentro Internacional Presupuesto Participativo.** Municipalidad Distrital de Villa El Salvador-Lima, Perú, DESCO, PGU, 2 ed., 2003, 109p.
- 95** **Brincando e Cantando Crianças e Jovens Constroem a Gestão Participativa de Icapuí.** Prefeitura Municipal de Icapuí, Agora XXI, PGU, 2001, 100p.
- 96** **Programa de Mejoramiento Barrial Integral Romero Rubio. Delegación Venustiano Carranza. México D.F.** Bárbara Scholz, Janeth López, Ignacio Gallo, Margarita González, Georgina Sandoval, Antje Struve. FEDEVIVIENDA, CASA Y CIUDAD, PGU, 2002, 45p.
- 97** **Gestión integrada y sostenible de residuos sólidos en ciudades de América Latina y El Caribe.** Libio Villar, Anne Risseuw, Rosalino Da Silva, Víctor García, Cecilia Castro, Nicolau Obladen, Gunther Merzthal. IPES, PGU, 2002, 85p.

Pasto-  
cinco  
IGUA,  
estión  
uesto  
rmo e  
ción y  
73p.  
ad de  
bitat -  
aoun.  
s del  
as en  
cir la  
IPES,  
IPES,  
ette  
p.  
y El  
63p.  
mem  
Latin  
20p.  
DAD,  
rielle  
81p.  
math,  
ones  
ties.  
83p.  
a El  
cipal  
D.F.  
uve.  
thal.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

1975  
1976  
1977

1978  
1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

1988

1989

1990

1991

1992

1993

1994

1995

1996

1997

1998

1999

2000

2001

2002

---

# Guía Práctica N°4. Para la construcción de rellenos sanitarios manuales

---



1  
1  
1

N  
1

S  
1

G  
1

L  
1

E  
1

20  
Pr  
Ca  
Ca  
Ga  
El  
W  
Te  
Q



1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020

2003

Programa de Gestión Urbana  
Coordinación para América Latina y El Caribe  
Casilla Postal 17-01-2505  
García Moreno 751 entre Sucre y Bolívar  
E-mail [pgu@pgu-ecu.org](mailto:pgu@pgu-ecu.org)  
Web: [www.pgualc.org](http://www.pgualc.org)  
Telefax (593 2) 2583 961 / 2 282 361 / 2 282 364  
Quito, Ecuador

El Programa de Gestión Urbana es una iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y de otras agencias de cooperación internacional que ejecuta el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Busca fortalecer la contribución de las ciudades y pueblos del mundo al desarrollo humano.

La promoción de la gobernabilidad local participativa, la erradicación de la pobreza urbana y el mejoramiento de la gestión ambiental de las ciudades constituyen los ejes principales del PGU en su cuarta fase, junto con la construcción de la equidad social y de género. Para impulsarlos, el PGU promueve el uso y distribución equitativa y eficiente de los recursos y moviliza las capacidades e iniciativas de individuos, comunidades, organizaciones públicas, privadas y voluntarias y, fundamentalmente, de los gobiernos locales.

Guía Práctica N°4. Para la construcción de rellenos sanitarios manuales. / Elaborado por IPES Promoción del Desarrollo Sostenible. 59p.- (Cuaderno de Trabajo N°121. Miniserie: Guías para la gestión de residuos sólidos en ALC) - Quito: Programa de Gestión Urbana / UN - HABITAT, junio 2003  
Incluye: bibliografía, tabs, grafs.

1. GESTIÓN AMBIENTAL. 2. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. 3. GÉNERO. 4. RELLENOS SANITARIOS. 5. GUÍA. 6. AMÉRICA LATINA. 7. EL CARIBE.

I. Título. II. IPES, Promoción del Desarrollo Sostenible. III. Programa de Gestión Urbana / UN-HABITAT. IV. Serie Cuadernos de Trabajo.

Las opiniones vertidas en el presente documento son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente los criterios del Programa de Gestión Urbana, del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos ni del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

## CRÉDITOS

### **Dirección Editorial**

Yves Cabannes, Coordinador Regional  
Jaime Vásquez, Asesor Regional  
PGU-ALC  
García Moreno 751 entre Sucre y Bolívar, Quito  
Casilla 17-01-25-05  
Tel. Fax (593 2) 2 282 361 / 364 / 371  
Email: [pgu@pgu-ecu.org](mailto:pgu@pgu-ecu.org)  
Web: [www.pgualc.org](http://www.pgualc.org)

### **IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible**

Jorge Price, Presidente Ejecutivo  
Audiencia 194, San Isidro, Lima 27-Perú  
Telefax: (511) 4406099- 4219722 - 4216684  
Email: [ipes@ipes.org.pe](mailto:ipes@ipes.org.pe)  
Web: <http://www.ipes.org>

### **Elaboración del documento**

Dante Flores, Asesor en Gestión de Residuos Sólidos, IPES  
Audiencia 194, San Isidro, Lima 27-Perú  
Telefax: (511) 4406099- 4219722 - 4216684  
Email: [ipes@ipes.org.pe](mailto:ipes@ipes.org.pe)

### **Coordinación de este número**

Gunther Merzthal  
Asesor J. Agricultura Urbana IPES / PGU-ALC  
Email: [gunther@pgu-ecu.org](mailto:gunther@pgu-ecu.org)

### **Coordinación Técnica de la Serie**

Álvaro Muriel  
Coordinador del Área de Gestión del Conocimiento / IPES / PGU - ALC  
Email: [alvaro@pgu-ecu.org](mailto:alvaro@pgu-ecu.org)

### **Edición y revisión**

Mónica Rhon D. / IPES / PGU - ALC  
Email: [monica@pgu-ecu.org](mailto:monica@pgu-ecu.org)

**Diseño e impresión de portadas / ARTES GRÁFICAS SEÑAL**

**Impresión de textos / LAMINSTAR**

**Encuadernación / BETTEL**

# CONTENIDO DE LA GUÍA

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>Conceptualización y ubicación de un relleno sanitario</b>	<b>3</b>
1.1 Conceptos	
1.1.1 ¿Qué es un relleno sanitario?	
1.1.2 ¿Qué es un relleno sanitario manual?	
1.1.3 ¿Cuáles son las ventajas del relleno sanitario manual?	
1.1.4 ¿Por qué es importante el relleno sanitario?	
1.2 Ubicación de un relleno sanitario	
1.2.1 ¿Cuáles son los factores de decisión a considerar para evaluar la aptitud de la zona?	
1.2.2 ¿Qué componentes básicos se debe tomar en cuenta para el funcionamiento del relleno sanitario?	
<b>SEGUNDA PARTE</b>	
<b>Diseño de un relleno sanitario</b>	<b>9</b>
2.1 Cálculos básicos y criterios para el diseño de un relleno sanitario	
2.1.1 Aspectos demográficos	
2.1.2 Proyección del crecimiento de la población	
2.1.3 Producción per capita	
2.1.4 Producción total	
2.1.5 Proyección de la producción total	
2.1.6 Densidad	
2.1.7 Cálculo del volumen necesario	
2.1.8 Volumen de residuos sólidos	
2.1.9 Volumen del relleno sanitario	
2.1.10 Cálculo del área requerida	
2.1.11 Selección del método	
2.1.12 Opinión pública	
2.1.13 Criterios de diseño	
2.1.14 ¿Cómo se construye un relleno sanitario?	
2.1.15 Criterios de instalación	
2.1.16 Criterios de operación y mantenimiento	
<b>TERCERA PARTE</b>	
<b>Implementación del relleno sanitario manual</b>	<b>33</b>
3.1 Habilitación y construcción de la infraestructura de un RSM	
3.1.1 Habilitación de vías de acceso	
3.1.2 Excavaciones y nivelación del terreno	
3.1.3 Construcción de celdas	
3.1.4 Construcción de sistemas de drenaje	
3.2 Operación de un relleno sanitario manual	
3.2.1 Actividades principales en el manejo de residuos	
3.2.2 Actividades de mantenimiento	
3.2.3 Actividades de administración y control	
3.3 Criterios para la gestión	

- 3.4 Criterios para el monitoreo y evaluación
- 3.5 Clausura y posclausura del relleno sanitario

**Conclusiones y recomendaciones**

51

**Referencias bibliográficas**

57

## PRESENTACIÓN

El acelerado proceso de urbanización en América Latina y El Caribe (ALC) ha traído consigo una serie de problemas ambientales como la contaminación del aire, de los cursos de agua y del suelo urbano; afecciones a la salud en especial de los más pobres; creciente producción de residuos sólidos, líquidos, tóxicos, etc.; que en general se concreta en una progresiva y vertiginosa degradación del ambiente de las ciudades y de sus áreas de influencia.

En las ciudades de ALC es común el padecimiento de graves problemas derivados de la inadecuada gestión de residuos sólidos urbanos botaderos a cielo abierto, poco conocimiento de la población sobre la forma de manejar sus residuos, gran cantidad de personas dedicadas a actividades informales de reciclaje, gran déficit en la recolección de los residuos sólidos, etc.

El reto para mejorar la gestión de los residuos sólidos urbanos en ALC recae básicamente en los Gobiernos Locales (Municipalidades, Prefeituras, Intendencias, etc.). A pesar de tener esta responsabilidad, la gran mayoría de Gobiernos Locales carecen de recursos suficientes para resolver estos déficits, imponiéndose la necesidad de movilizar recursos locales y fomentar compromisos de los actores locales, para desarrollar sistemas participativos y sustentables que garanticen una mejor gestión de los residuos sólidos.

En la actualidad el desafío de las autoridades locales de las ciudades es desarrollar sistemas integrales y sustentables para la gestión de residuos. Gobiernos Locales que han puesto en práctica sistemas integrales para la gestión de residuos, así como diversos organismos de cooperación técnica internacional en el tema, indican que estos sistemas deben comprender cuatro elementos fundamentales:

- La integración de todos los actores en el sistema de manejo municipal de los residuos
- La interrelación de todos los elementos de la cadena de los residuos
- La integración de los aspectos técnicos, financieros, ambientales, sociales, institucionales y políticos para asegurar la sostenibilidad del sistema.
- La relación de la problemática de los residuos con otros sistemas urbanos, tales como alcantarillado, salud pública, agua potable, etc.

Una demanda extendida de muchos tomadores de decisiones y otros actores de las ciudades de la Región es un mayor acceso a información oportuna y relevante para el desarrollo de políticas y programas municipales que permitan desarrollar sistemas integrales de gestión de residuos.

El IPES y el PGU-ALC buscan fortalecer la capacidad de los tomadores de decisiones y de las organizaciones sociales de las ciudades de la Región para desarrollar sistemas integrales y sostenibles de residuos sólidos; la promoción y el intercambio y uso de información y la diseminación de casos de buenas prácticas en el tema, son estrategias para llegar a este objetivo.

En este contexto se elaboran la *Serie de Guías para la gestión de residuos sólidos en América Latina y El Caribe* dirigidas a técnicos municipales, personal de las áreas involucradas con la gestión de los residuos sólidos y al público interesado.

Esta *Guía Práctica N°4 Para la ubicación, diseño e implementación de rellenos sanitarios manuales*, es una herramienta para levantar información de base sobre las características de los residuos sólidos domiciliarios, considerando que el manejo técnico de los mismos, consiste en diseñar y aplicar un programa para su adecuado tratamiento tanto en el momento de su generación y almacenamiento domiciliario como en el transporte y disposición final, rescatando en la medida de lo posible la porción reutilizable de los residuos.

Para su mejor comprensión esta guía ha sido dividida en tres partes. En la primera, se dan algunas definiciones básicas del relleno sanitario así como sus ventajas e importancia. También se ha incluido un aspecto muy importante para la selección de áreas de disposición de residuos sólidos como son los factores de decisión para evaluar la aptitud de la zona; que deberán ser tomados en cuenta por los gobiernos locales y las autoridades sanitarias.

En la segunda parte, se tratan los aspectos técnicos, es decir, el diseño propiamente dicho de los rellenos sanitarios y los cálculos básicos para determinar la vida útil del relleno sanitario a partir del área disponible de las características del entorno y de la generación de residuos en una ciudad. Además, se hace una descripción de los métodos de relleno sanitario más utilizados en ALC y algunos criterios básicos para su instalación y construcción.

En la tercera parte, se tratan los aspectos referidos a la implementación y operación de un relleno sanitario entre los que se incluyen aspectos importantes como: la habilitación y construcción de la infraestructura, una descripción de las actividades principales de manejo de residuos, actividades de administración y control de las tareas de mantenimiento. Se abordan, además, los criterios para la gestión, monitoreo y evaluación así como para la clausura y postclausura del relleno sanitario.

en América  
cradas con la

os sanitarios  
ísticas de los  
s, consiste en  
mento de su  
al, rescatando

nera, se dan  
cia. También  
a de residuos  
deberán ser

dicho de los  
tario a partir  
duos en una  
utilizados en

ación de un  
abilitación y  
e manejo de  
Se abordan,  
a clausura y

1

Parte

# Conceptualización y ubicación de un relleno sanitario

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

1.1.3

El relleno en canti-  
manuales  
finalidad  
vez con

1.1.2

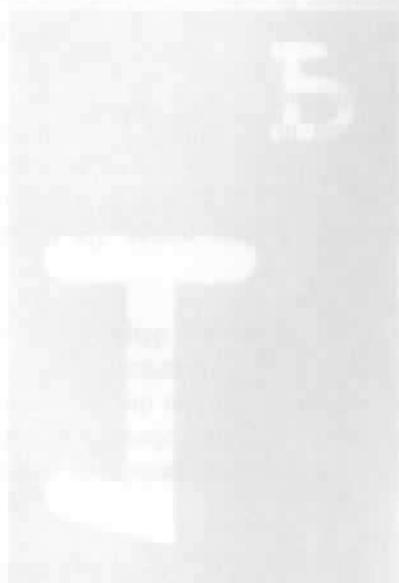
Posterior  
dichos c  
o cauces  
los cuer  
sanitario

El relleno  
de evita  
metodo  
años. O  
por el h

1.1.1

1.1

1.



Y conceptualización y  
valoración de su  
relleno sanitario

ESTR

T

## PRIMERA PARTE

### 1. Conceptualización y ubicación de un relleno sanitario manual

#### 1.1 Conceptos

##### 1.1.1 ¿Qué es un relleno sanitario?

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo, a fin de evitar riesgos para la salud y el ambiente. Los rellenos sanitarios surgieron como una metodología para el control de riesgos en la disposición final de los residuos hace más de treinta años. Originalmente, la metodología contemplaba el uso de depresiones naturales o realizadas por el hombre para rellenarlas de basura hasta obtener la nivelación del terreno.

Posteriormente, dicha metodología fue sufriendo modificaciones, debido a que en muchos lugares dichos cuerpos de depresiones eran escasos, o eran cuerpos importantes en las cuencas de algunos ríos o cauces de agua. Con el paso de los años empezó a conocerse más acerca de la relación que hay con los cuerpos de agua; es así que se conformaron dos metodologías para la construcción de rellenos sanitarios.

##### 1.1.2 ¿Qué es un relleno sanitario manual?

El relleno sanitario manual (RSM) es un método diseñado para la disposición final de residuos sólidos en cantidades menores a 30 toneladas por día y cuya operación se hace mediante técnicas y equipos manuales, logrando una adecuada relación entre el espacio físico y la disposición de basuras, con la finalidad de minimizar los costos económicos, sociales, sanitarios y ambientales y cumpliendo a su vez con las normas establecidas en cada país.

##### 1.1.3 ¿Cuáles son las ventajas del relleno sanitario manual?

- Tiene bajos costos de operación y mantenimiento
- Es un método completo y definitivo para la eliminación de residuos sólidos
- Genera empleo para mano de obra no calificada
- Puede ubicarse cerca al área urbana, reduciendo los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad
- Permite recuperar terrenos improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de áreas verdes y lugares de recreación pública, una vez concluido el ciclo de vida del RSM
- Mejora la imagen del sector al implantarse especies vegetales, evitando la erosión de dicha capa

## 1.2 Ubicación de un relleno sanitario

### 1.2.1 ¿Cuáles son los factores de decisión a considerarse para evaluar la aptitud de la zona?

Entre los múltiples factores que podrían considerarse, deberá realizarse una priorización teniendo en cuenta, por un lado, aquellos que sean más relevantes para el caso de estudio y, por otro, la cantidad y calidad de la información que se pueda disponer.

Para efectos de una elección adecuada del sitio para el relleno sanitario se consideran como importantes los siguientes factores:

Distancia: desde el centro de generación de los residuos; a mayor distancia los costos de traslado hacia el relleno aumentan.

Accesos: deberá tenerse en cuenta el tipo de ruta o camino, cuya accesibilidad sea permanente durante todo el año.

Geología – Suelos: deben asegurarse condiciones de impermeabilidad suficiente en el caso de que no se coloquen membranas sintéticas y suficiente material de cobertura.

Agua superficial: está relacionada con los criterios de inundabilidad, pero también puede incidir el que sea fuente de abastecimiento para consumo humano o se use para actividades productivas.

Agua subterránea: la napa debe ubicarse siempre suficientemente alejada del fondo donde se disponen los residuos; deben evitarse zonas de recarga de acuíferos y zonas en los que se realice extracción para consumo humano o productivo.

Otros aspectos que tienen importancia son:

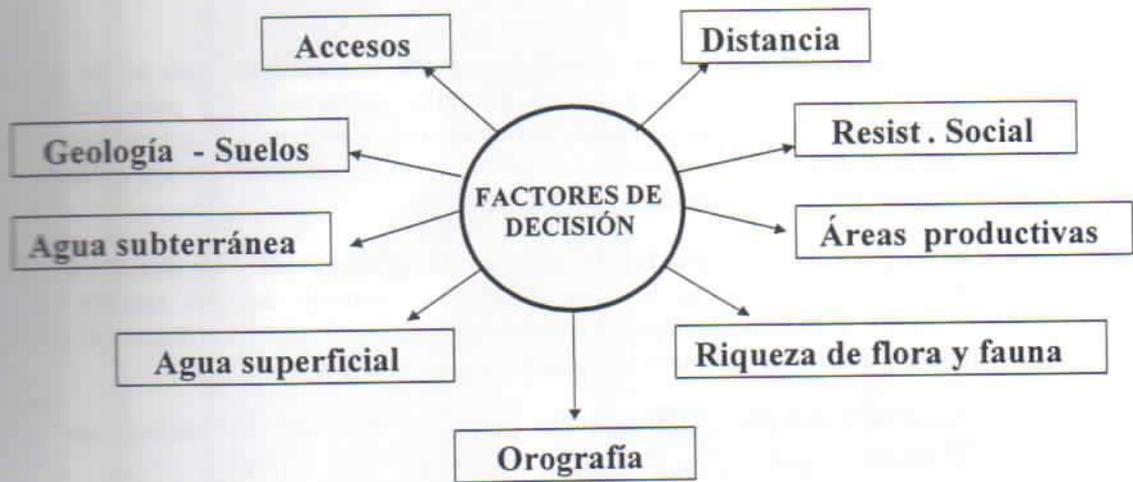
Orografía: territorios muy escarpados pueden dificultar la ubicación de un terreno apto para la instalación.

Riqueza de la fauna y flora locales: sin llegar a ser excluyentes pueden requerirse esfuerzos muy grandes para mitigar el impacto.

Desarrollo productivo de la zona: puede ejercer una presión para la no-instalación del relleno, debido a la distorsión que ella produciría.

Resistencia social de los habitantes de la zona: más allá de todas las argumentaciones técnicas puede darse una resistencia muy grande para impedir la instalación de un vertedero.

En cualquier caso deberá considerarse cualquier elemento peculiar de la zona que pueda tener relación con el proceso de decisión.



Sin embargo, es posible establecer una aproximación de la selección del sitio haciendo uso de la siguiente tabla:

CONCEPTOS QUE INFLUYEN EN LA UBICACIÓN DEL SITIO	OPCIONES		
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR
Vida útil	Mayor de 10 años	De 5 a 10 años	Menor de 5 años
Tierra para cobertura	Autosuficiente	Acarreo cercano	Acarreo lejano
Topografía	Canteras a cielo abierto abandonadas	Comienzo de cañada y manglares contaminados	Otros
Vías de acceso	Cercanas y pavimentadas	Cercanas transitables	Lejanas y transitables
Vientos dominantes	En sentido contrario a la mancha urbana	En ambos sentidos de la mancha urbana	En sentido de la mancha urbana
Ubicación del sitio	De 3 a 12 Km de la mancha urbana	Entre 1 y 3 Km de la mancha urbana	Menor de 1 Km y mayor de 12 Km de la mancha urbana
Geología Geohidrología	Impermeables Más de 30 m de profundidad (manto acuífero)	Semi impermeable Entre 10 y 30 m de profundidad	Permeable Menor de 10 m de profundidad
Hidrología superficial	No hay corrientes superficiales	Lejano de corrientes superficiales	Cerca de corrientes superficiales
Tenencia de la tierra	Terreno propio	Terreno rentado a largo plazo	Terreno rentado a corto plazo

1.2.2 ¿Qué componentes básicos se debe tomar en cuenta para el funcionamiento del relleno sanitario?

- **Suelo de soporte:** Debe ser lo suficientemente impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren hacia cursos de aguas subterráneas y para facilitar su captación. Como medida de protección ambiental es recomendable impermeabilizar el suelo de fondo con material arcilloso técnicamente compactado y/o utilizar otros materiales impermeabilizantes para estos fines.
- **Zanjas para drenaje pluvial:** Interceptan las aguas lluvias y las desvían antes de que tomen contacto con la masa de basura, evitando de esta manera que se contamine y que perjudiquen la estabilidad del relleno, contribuyendo de esta manera a que no se incremente el caudal de los lixiviados.
- **Drenes de lixiviados:** Permiten captar y conducir estos líquidos hacia un tanque de almacenamiento.
- **Sistema de almacenamiento de lixiviados:** Todos los líquidos captados por los drenes de lixiviados, son descargados en un tanque de almacenamiento, para posteriormente ser tratados o recirculados hacia la parte alta del relleno.
- **Material de cobertura:** Sirve para tapar los residuos sólidos con el objeto de neutralizar los malos olores y eliminar la presencia de vectores como moscas y roedores.
- **Conductos de gases:** Posibilitan la salida de los gases, especialmente del biogás, que se origina en el interior del relleno, el cual puede ser aprovechado en el propio relleno o en las comunidades aledañas.
- **Pozos de monitoreo de aguas subterráneas:** Instalados en puntos estratégicos para controlar y validar la gestión de los lixiviados.
- **Área de terreno:** El terreno debe ser lo suficientemente grande como para garantizar una vida útil del relleno de por lo menos 20 años.
- **Franja de protección vegetal:** Sirve para mejorar la estética del relleno y como cortina de aislamiento visual de las operaciones que se ejecutan en el interior del relleno.
- **Cerramiento perimetral:** Sirve para dar seguridad al relleno e impedir el ingreso de personas extrañas o animales domésticos, que perjudican el normal desarrollo de las labores de los equipos.

namiento del relleno

para evitar que los  
y para facilitar su  
ble impermeabilizar  
do y/o utilizar otros

as desvían antes de  
sta manera que se  
tribuyendo de esta

hacia un tanque de

s captados por los  
macenamiento, para  
lleno.

con el objeto de  
es como moscas y

te del biogás, que  
hado en el propio

s estratégicos para

mo para garantizar

el relleno y como  
en el interior del

pedir el ingreso de  
l desarrollo de las

2

Parte

## Diseño de un relleno sanitario

sanitario

# Diseño de un tejero



9716

El tejero es un elemento esencial en el diseño de un sistema de saneamiento. Su función principal es recoger las aguas residuales y transportarlas hasta el punto de tratamiento. El diseño de un tejero debe tener en cuenta varios factores, como el tipo de terreno, el clima y el tipo de uso del suelo. Un buen tejero debe ser capaz de resistir las condiciones ambientales y ser fácil de mantener.

El tejero debe ser diseñado de manera que permita el flujo libre de las aguas residuales y evite cualquier obstrucción. Además, debe ser capaz de soportar las cargas de tráfico y las vibraciones que se producen en el terreno.

En conclusión, el diseño de un tejero es un aspecto fundamental en el diseño de un sistema de saneamiento. Un buen tejero puede garantizar el correcto funcionamiento del sistema y evitar problemas de salud pública.

## SEGUNDA PARTE

### 2. Diseño de un relleno sanitario

#### 2.1 Cálculos básicos y criterios para el diseño de un relleno sanitario

##### 2.1.1 Aspectos demográficos

Es necesario conocer el número de habitantes de la zona, para estimar la vida útil del relleno sanitario. La producción de residuos sólidos se debe discriminar entre la producción rural y la urbana; la primera, debido a la baja producción, presentará menos exigencias, pero su recolección resulta más difícil. En cambio, la producción urbana es más notoria por razones de concentración, aumento de población y desarrollo tecnológico y urbanístico.

##### 2.1.2 Proyección del crecimiento de la población

La proyección del crecimiento de la población se podrá estimar haciendo uso de la fórmula que ya se detalló en el punto 2.2.1.3 de la Guía N°1.

Sin embargo, se recomienda comparar los resultados obtenidos con otros métodos de proyección.

##### 2.1.3 Producción per cápita

La producción per cápita de residuos sólidos se puede estimar globalmente así:

$$PPC = \frac{CRS}{Pob \times 7 \times C}$$

Donde:

- PPC = producción por habitante por día (kg./hab-día)
- CRS = cantidad de residuos sólidos recolectados en una semana (kg./sem)(\* )
- Pob. = población área urbana(hab)
- 7 = días de la semana
- C = cobertura del servicio de aseo (%)

Cabe anotar que también es posible relacionar la cantidad de residuos sólidos producidos por vivienda, o sea, kg./ vivienda-día, dado que la basura es entregada por cada vivienda y además tiene la ventaja de facilitar el conteo de las casas.

(\*) Para efectos de cálculo se recomienda tomar como mínimo, la producción y recolección de una semana, ya que ésta varía de acuerdo con las distintas actividades de la población. La cantidad de basura semanal se determinará pesando todos los camiones durante una semana.

Con base en las muestras de residuos sólidos realizadas en algunas poblaciones pequeñas, rurales y áreas marginales en la región latinoamericana, sobre las características que se analizan en este trabajo, se ha encontrado que la PPC presenta rangos entre 0.2 - 0.5 kg./hab.-día. Estos valores son bastante representativos y se podrían asumir para la casi totalidad de estas poblaciones.

#### 2.1.4 Producción total

El conocimiento de la producción de residuos sólidos nos permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo.

La producción de residuos sólidos está dada por la siguiente relación:

$$\text{CRD} = \text{Pob} \times \text{PPC}$$

Donde:

CRD	= Cantidad de residuos sólidos producidos (kg./día)
Pob	= Población área urbana (hab.)
PPC	= Producción per cápita (kg./hab-día)

#### 2.1.5 Proyección de la producción total

La producción anual de residuos sólidos se debe estimar con base en las proyecciones de la población y la producción per cápita.

La proyección de la población puede estimarse por métodos matemáticos pero, en cuanto al crecimiento de la PPC, conviene anotar que difícilmente se encuentran cifras que den una idea de cómo puede variar anualmente, para tratar de evaluar los cambios. No obstante, para obviar este punto y, conociendo que con el desarrollo y el crecimiento urbanístico y comercial de la población los índices de producción aumentan, se recomienda calcular la producción per cápita total con una tasa de incremento del 1% anual.

#### 2.1.6 Densidad

Para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno se pueden estimar las siguientes densidades:

- Celda diaria: densidad de la basura recién compactada 400-500 Kg/m<sup>3</sup>
- Volumen del relleno: densidad de la basura estabilizada 500-600 Kg/m<sup>3</sup>

Estas densidades se alcanzan mediante la compactación homogénea y a medida que se estabiliza el relleno, lo cual, como es obvio, incide en la estabilidad y vida útil del sitio.

El aumento de la densidad de los residuos sólidos en el relleno sanitario manual se logra, entre otras cosas por:

- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas
- El apisonado manual, mediante el uso periódico del rodillo y pisonos de mano
- La **separación y recuperación** de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan. La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de residuos sólidos a enterrarse, aumentando por tanto la vida útil del sitio. Cuando la separación se hace en el origen, se puede conseguir además la generación de empleo organizado y digno, con seguridad social. Se hace notar que la actividad del reciclaje funciona siempre y cuando exista el mercado para vender estos productos.
- Otros mecanismos que aumentan la densidad de los residuos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o celdas superiores que producen mayor carga y, obviamente, disminuyen su volumen.

### 2.1.7 Cálculo del volumen necesario

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario manual están en función de:

- La producción diaria de residuos sólidos, si se espera tener una cobertura del 100% o, en su defecto, de la cantidad de residuos sólidos recolectados.
- La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual
- La cantidad de material de cobertura (20-25%) del volumen estabilizado de residuos sólidos

### 2.1.8 Volumen de residuos sólidos

El volumen diario y anual de residuos sólidos que se requieren disponer es:

$$V_{\text{diario}} = \frac{CRD}{Drsc}$$

$$V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

Donde:

- Vdiario = Volumen de residuos sólidos a disponer en un día (m<sup>3</sup>/día)  
V<sub>anual</sub> = Volumen de residuos sólidos en un año (m<sup>3</sup>/año)  
CRD = Cantidad de residuos sólidos producidos (kg./día)  
365 = Equivalente a un año (días)  
Drsc = Densidad de los residuos sólidos recién compactados, (400-500 kg/m<sup>3</sup>) y estabilizados (500-600 kg/m<sup>3</sup>)

### 2.1.9 Volumen del relleno sanitario

De esta manera, se puede calcular el volumen del relleno sanitario manual para el primer año, afectando el valor anterior por el material de cobertura:

$$VRS = V_{\text{anual}} \times MC$$

Donde:

- VRS = Volumen del relleno sanitario manual (m<sup>3</sup>/año)  
MC = Factor de material de cobertura (1.2 a 1.25)

Los datos obtenidos se vacían en la Tabla N°1, columna 9, y para conocer el Volumen total ocupado durante la vida útil se tiene:

$$VRS_{vu} = \sum_{i=1}^n VRS$$

Donde:

- VRS<sub>vu</sub> = Volumen relleno sanitario durante la vida útil (m<sup>3</sup>)  
n = Número de años.

Estos son los valores acumulados anualmente.

### 2.1.10 Cálculo del área requerida

Con el volumen calculado, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario manual, si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno. Esta solo se conocerá si se tiene una idea de la topografía de los alrededores.

El relleno sanitario manual debe proyectarse para un mínimo de cinco años, aunque preferiblemente debe ser suficiente para 10 años. Sin embargo, algunas veces es necesario proyectarlo incluso para menos de cinco años, ante la dificultad de encontrar terrenos disponibles. Este tiempo se llama vida útil o período de diseño.

El área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual depende principalmente de factores como:

- Cantidad de residuos sólidos a disponer. Cantidad de material de cobertura



(3) = (1) x (2)	Población x ppc
(6) = [(3) x (7/6)] / Dc	Los residuos sólidos producidos en una semana son llevados al relleno durante recolección. Normalmente entre el lunes y sábado (7 días de producción/ 6 días de recolección).
(8) = (6) x 0.2	Material de cobertura = entre 20 y 25% del volumen de residuos compactados.
(11) = (9) + (10)	El volumen de relleno sanitario VRS = material de cobertura + volumen de residuos estabilizados.
(13) = (12) / H	Área por rellenar AR = volumen acumulado del relleno / H H = altura del relleno estimada.
(14) = (13) x F	Área total AT = área por rellenar x F F = Factor para estimar el área adicional (entre 20 y 30 %)

Sueltos	200-300
Compactados	400-500
Estabilizados	500-600

### 2.1.11 Selección del método

El diseño del relleno sanitario manual depende del método adoptado (trinchera, área o su combinación), de acuerdo con las condiciones topográficas del sitio, las características del suelo y la profundidad del nivel freático.

El diseño debe presentar entonces los planos que orienten la construcción del relleno sanitario manual, así:

#### Conformación del terreno original

La conformación del terreno original es obtenida a partir del levantamiento topográfico del sitio donde se construirá el relleno sanitario manual, y se requiere para elaborar los cálculos y el diseño de la obra.

#### Configuración inicial del desplante o suelo de soporte

Generalmente el sitio seleccionado debe ser preparado, tanto para construir las obras de infraestructura necesarias como para brindar una adecuada base de soporte al relleno sanitario manual y obtener el material de cobertura del propio terreno. Estos cambios se presentan en un plano topográfico para orientar al ingeniero constructor en el movimiento de tierras.

#### Configuración final del relleno

La configuración final del relleno es la conformación del terreno una vez que se termine su vida útil. Es importante representarla en un plano topográfico para presentar los niveles máximos que alcanzará la obra de acuerdo con el proyectista.

### Configuraciones parciales del relleno

Una configuración(es) parcial(es) del relleno representa(n) el avance de la construcción del mismo, y sirve(n) de guía al constructor para los controles correspondientes.

### 2.2.2 Opinión Pública

Es importante realizar un estudio de la opinión de la población acerca de la instalación del relleno sanitario, ya que la ciudadanía debe tener la oportunidad de participar, comentar y objetar las propuestas realizadas. En todos los casos, es esencial asegurar el apoyo de los distintos sectores de la comunidad durante todas las fases de selección, diseño, construcción, operación, mantenimiento, y cerramiento del relleno sanitario manual.

*Es necesario un contacto permanente con la población para mantenerla informada del proyecto, así como desarrollar un programa de sensibilización y educación ambiental antes, durante y después del cierre del relleno sanitario.*

### 2.2.3 Criterios de diseño

Después de la etapa de selección del sitio, el técnico trazará un derrotero de estudios de investigación de campo. Primeramente se hará un reconocimiento del terreno, llevando consigo el **plano topográfico** de planta con cotaciones, gráfico o tabla, mostrando las cantidades acumuladas de residuos sólidos y con una evaluación de depresiones y alturas del terreno. Se debe tener en mente la utilización adecuada del relleno sanitario manual.

Para el buen diseño es indispensable la visita de campo. De esta manera, se podrán confrontar los datos con el terreno e identificar mejor el área a rellenar y sus alrededores, la vía interna de acceso, ubicación de material constructivo y el origen de la tierra de cobertura.

### 2.2.4 ¿Cómo se construye un relleno sanitario?

Para construir un relleno sanitario es importante seleccionar un terreno que reúna condiciones técnicas adecuadas como son: topografía, nivel a que se encuentran las aguas subterráneas y disponibilidad de material para cubrir la basura.

De acuerdo con las características del terreno, el relleno sanitario puede construirse siguiendo los métodos de área, zanja o una combinación de ambos métodos. En la selección de sitios para la ubicación de rellenos sanitarios se busca la integración de aspectos no sólo de índole técnico y económico, sino también de carácter social. Será necesario que la instalación cumpla con los requerimientos técnicos establecidos para su diseño y operación, al menor costo posible, pero también se deberá garantizar que la misma cuente con la aceptación por parte de la comunidad afectada y que los recursos naturales sean aprovechados y preservados en forma racional, a fin

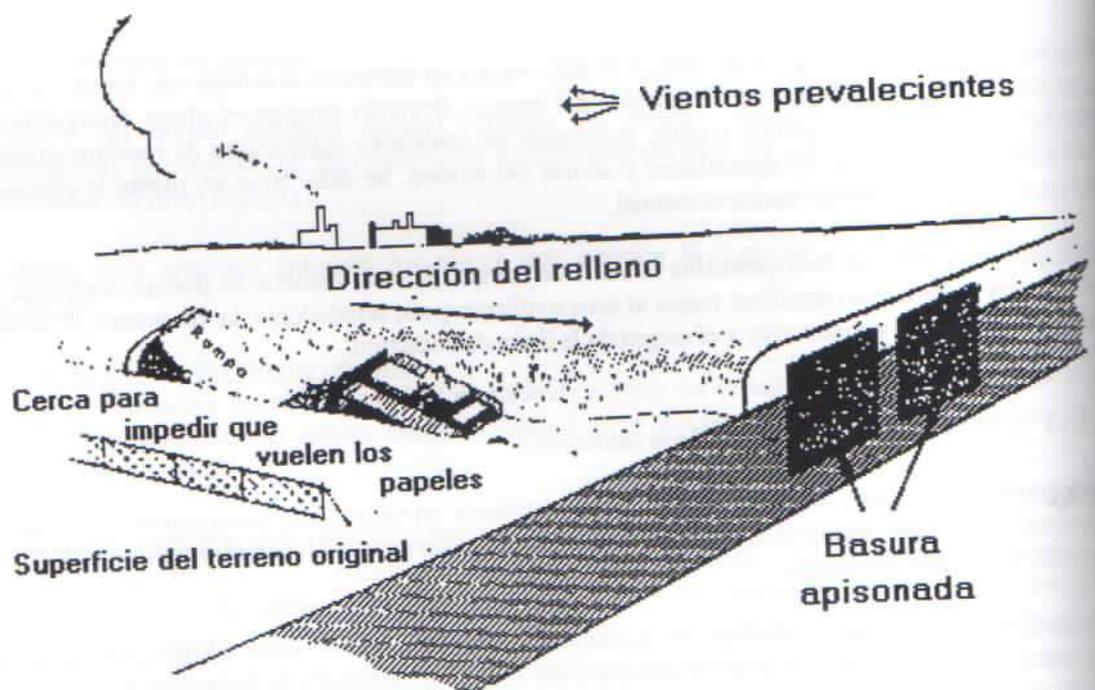
de sustentar el desarrollo del sector o región y en consecuencia preservar la salud de la comunidad.

#### a. Método de zanja o trinchera

Dado que con frecuencia las pequeñas poblaciones no cuentan con un tractor de orugas o una retroexcavadora, se recomienda su arriendo o préstamo, para la excavación periódica de las zanjas que deberán tener una vida útil entre 30 y 90 días, para evitar así su empleo constante. La excavación de las zanjas entonces se deberá planificar para todo el año, dependiendo de la disponibilidad del equipo.

Antes de que se complete el período de vida útil de la zanja, se debe disponer del equipo para proceder a la excavación de una nueva zanja, para así poder continuar con una disposición sanitaria final de los residuos sólidos y proteger el ambiente. De lo contrario, el servicio sería interrumpido y el lugar se podría convertir en un botadero abierto.

#### Método de trinchera



A partir de la vida útil de la zanja, se calcula el volumen de excavación y el tiempo requerido de maquinaria, así:

### Volumen de la zanja

$$V = (t \times Ds \times MC) / D_{rsm}$$

Donde:

V = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>)

t = tiempo de vida útil (días)

Ds = Cantidad de residuos sólidos recolectados (kg./día)

MC = Factor de material de cobertura de 1.2 a 1.25 (o sea 20 a 25%)

D<sub>rsm</sub> = Densidad de los residuos sólidos en el relleno (kg/m<sup>3</sup>)

### Dimensiones de la zanja

Como resultado de la operación manual, las dimensiones de la zanja estarán limitadas por:

Profundidad de la zanja, de dos a tres metros de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo, tipo de equipo y costos de excavación.

Ancho de la zanja, entre 3 y 6 metros (ancho del equipo), es conveniente para evitar el acarreo de larga distancia de la basura y material de cobertura, lo cual implica mejores rendimientos de trabajo, de tal manera que puede ser planeada la operación dejando un lado libre para acumular la tierra y el otro para la descarga de los residuos sólidos. Dependiendo del grado de compactación y del clima, puede usarse la superficie de una zanja terminada para la descarga de los residuos.

El largo está condicionado por el tiempo de duración o vida útil de la zanja, entonces se tiene que:

$$l = V / (a \times h)$$

Donde:

l = Largo o longitud (m)

V = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>)

a = Ancho (m)

h = Profundidad (m)

## a.2 Vida útil del terreno

Podemos conocer el área requerida sólo si se conoce la profundidad promedio del relleno sanitario manual. Sin embargo, en la práctica nos encontramos con un terreno al que hay que calcularle su vida útil.

En lo que respecta al método de zanja, una vez calculado el volumen de la misma, suponemos un factor para las áreas adicionales (separación entre zanjas<sup>(\*)</sup>, vías de circulación, aislamiento, etc.) y se estima el número de zanjas que se podrían excavar en el terreno, por lo tanto:

$$n = At / (F \times A_z)$$

Donde:

n = Número de zanjas

At = Área del terreno (m<sup>2</sup>)

F = Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20 a 40%)

A<sub>z</sub> = Área de la zanja (m<sup>2</sup>)

Entonces la vida útil estará dada por:

$$V_u = t \times n / 365$$

Donde:

V<sub>u</sub> = Vida útil del terreno (años)

t = Tiempo de servicio de la zanja o vida útil de la zanja (días)

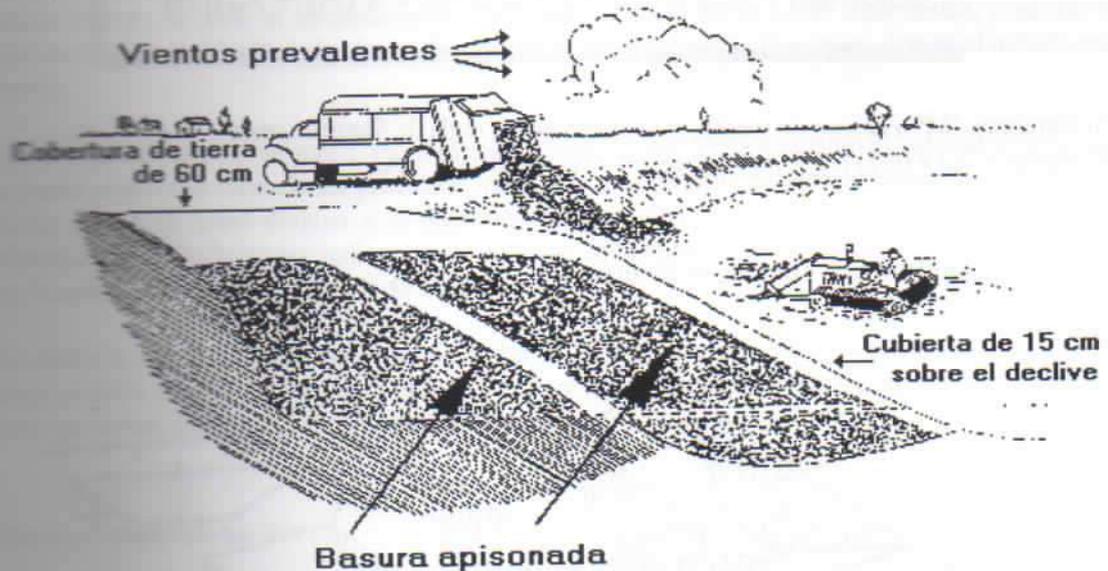
(\*) Se recomienda que la separación entre zanjas sea como mínimo de un metro, por los empujes que se presentan. Esta separación depende del tipo de suelo y de la forma de la trinchera (cuadrada o trapezoidal), entre otros factores.

## b. Método de área

*El método de área* se puede utilizar tanto en terrenos planos como para rellenar depresiones y en tajos o canteras abandonados. La basura se deposita directamente en el suelo, en el caso del terreno plano; o desde las partes más profundas hacia las más altas, en el caso de las depresiones.

La basura compactada se esparce y recubre diariamente con una capa de 10 a 20 cm de tierra. Como ya se mencionó, el método de área se emplea para construir el relleno sanitario sobre la superficie del terreno o para llenar depresiones.

### Método de área



### 3.1 Capacidad volumétrica del sitio

La capacidad volumétrica del sitio es el volumen total disponible del terreno para recibir y almacenar la basura y el material de cobertura que conforman el relleno sanitario manual. Es decir, es el volumen comprendido entre la superficie de desplante y la superficie final del relleno, para lo cual es indispensable determinar la capacidad volumétrica del terreno.

En general, para el cálculo de volúmenes existen dos métodos:

- Volúmenes de gran longitud y poca anchura
- Volúmenes de gran extensión (extensos en ambas direcciones)

#### Volúmenes de gran longitud (alrededor de un eje)

El trabajo de campo en esta categoría de determinación de volúmenes comprende generalmente la obtención de secciones transversales a intervalos regulares a lo largo de un eje del proyecto (longitudinal); las áreas de estas secciones se calculan y luego, usando la regla de Simpson para volúmenes o la del prismoide, puede calcularse el volumen del material a retirar o colocar.

### Método 1. Cálculo del volumen por la regla de Simpson

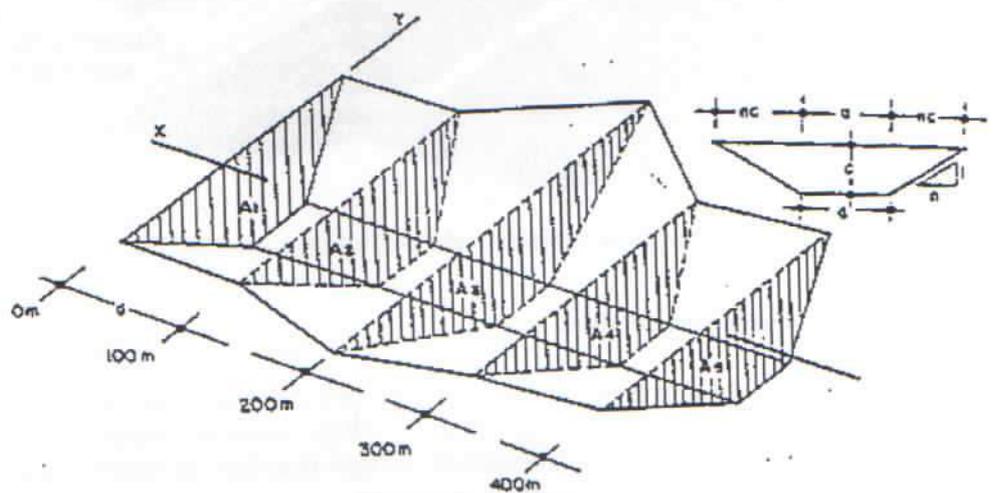
#### Volúmenes pequeños

Una vez calculada el área de las distintas secciones, puede hallarse el volumen del material contenido en el corte o relleno por medio de la regla de Simpson, que es la misma que se emplea para las áreas, a excepción de que las áreas de las secciones reemplacen las ordenadas en la fórmula.

$$\text{Volumen} = d/3 [A_1 + A_5 + 2 \times A_3 + 4 (A_2 + A_4)] \text{ m}^3$$

Si llamamos "M" a la sección media, el volumen por la regla de Simpson será:  
 $\text{Volumen} = 1/3 \times (d/2) [A_1 + A_2 + 2(\text{cero}) + 4M1] = d/6 [A_1 + A_2 + 4M]$

### Volumen longitudinal alrededor de un eje



### Método 2. A partir de las curvas de nivel

Consiste en determinar la capacidad existente en el terreno entre los planos horizontales, para lo cual es necesario calcular las áreas de las intersecciones de esos planos con el terreno y multiplicarlas luego de promediarlas, por la diferencia de altura que las separa.

$$V = [(A_1 + A_2)/2] \times h$$

Donde:

V = Volumen entre dos curvas de nivel (m<sup>3</sup>)

A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> = Áreas de los planos horizontales (m<sup>2</sup>)

h = Diferencia de altura entre los planos (m)

Por tanto, la capacidad volumétrica del sitio está dada generalmente por la siguiente ecuación:

$$V = (A_1 + A_2)/2 \times h_1 + (A_2 + A_3)/2 \times h_2 + (A_3 + A_4)/2 \times h_3 + \dots$$

Cuando las áreas tomadas son equidistantes entre sí:

$$V = h (A_1 + 2 \sum A_i + A_n)$$

Donde:

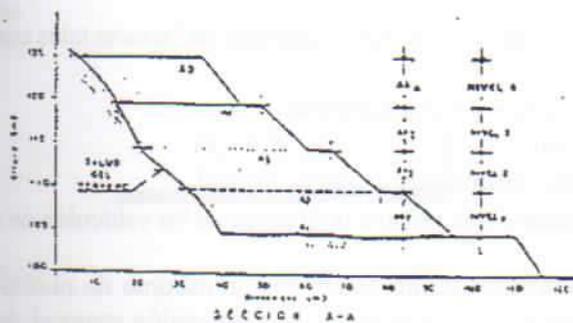
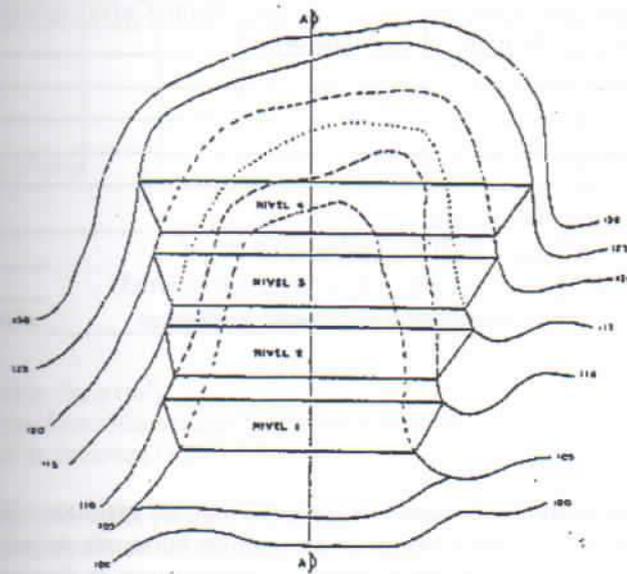
s = sumatoria de A<sub>i</sub>, desde n-1 hasta 2

Mientras más pequeño es el incremento  $\Delta h$ , mayor será la precisión del método, y su uso se facilita mucho cuando se tiene el levantamiento topográfico con curvas de nivel cada metro, y se usa un planimetro para el cálculo de las áreas. En grandes rellenos sanitarios manuales, éste es el método más común.

Cuando las curvas de nivel están muy separadas, para obtener cierta precisión al calcular el volumen, se puede emplear la fórmula del prismoide. Al aplicar esta fórmula se debe considerar que los planos de las curvas de nivel dividen a la depresión en una serie de prismoides. El volumen de cada prismoide puede hallarse por aplicaciones sucesivas de la regla del prismoide o, en casos favorables, por la aplicación directa de la regla de Simpson.

Al utilizar la fórmula del prismoide se toman las áreas de tres curvas cada vez y la de la central se usa como sección media. La precisión del resultado depende principalmente de la diferencia de nivel entre las curvas. En general, a menor intervalo, mayor exactitud en el volumen.

Planta y sección de un terreno



### Cálculo de la vida útil

El volumen del relleno, o sea el volumen comprendido entre las configuraciones inicial y final del terreno, calculadas mediante cualquiera de los métodos descritos anteriormente, nos dará el volumen total disponible. La Tabla N°2 facilita la recolección de esta información. El cálculo de la vida útil se puede estimar así:

El volumen total disponible del terreno se compara con los valores de la Tabla N°1, columna 10, en la que aparecen los volúmenes acumulados del relleno, hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor, y por la misma línea en la columna 0, se encontrará el número de años que equivalen a la vida útil del relleno.

Tabla N°2

### Capacidad volumétrica del sitio para el relleno sanitario manual

Nivel	Elevación (m) cota	Área (m <sup>2</sup> )		H (m)	Volumen			Cantidad ds (ton)	Vida útil (meses)
		Para cada curva de nivel	Promedio entre curvas de nivel		Entre curvas de nivel	Acum	Corte		

Capacidad total del terreno \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
 Volumen DS = capacidad total terreno x 0.8 \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>  
 Cantidad DS = volumen DS (m<sup>3</sup>) x Densidad (ton/m<sup>3</sup>) \_\_\_\_\_ ton  
 Vida Util Total \_\_\_\_\_ años

### Cálculo de la celda

Como se sabe, las celdas están conformadas básicamente por los residuos sólidos y el material de cobertura, y serán dimensionadas con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento, y con el fin de que proporcionen un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como:

- La cantidad diaria de residuos sólidos a disponer
- El grado de compactación
- La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual
- El frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos de recolección

Se recomienda mantener una altura de **un metro** con un máximo de **metro y medio**, para la celda diaria, debido a la baja compactación alcanzada por la **operación manual**, brindando así una mayor estabilidad mecánica a la construcción del relleno sanitario manual, y un **frente de trabajo** lo más

estudio posible, los cuales, junto con el avance (largo), se calcularán dependiendo del volumen diario de residuos:

#### Cantidad de residuos sólidos a disponer

La cantidad de basura para diseñar la celda diaria se puede obtener así:

$$DS_{rs} = DS_p \times 7/d_{hab}$$

Datos:

$DS_p$  = Cantidad media diaria de DS en el relleno sanitario manual (kg/día)<sup>(\*)</sup>

$DS_p$  = Cantidad de DS producido por día (kg./día)

$d_{hab}$  = Días hábiles o laborales en una semana (normalmente  $d_{hab} = 5$  ó  $6$  días, y aún menos en los municipios más pequeños)

#### Volumen de la celda diaria

$$V_c = DS_{rs}/D_{rsm} \times MC$$

Datos:

$V_c$  = Volumen de la celda diaria ( $m^3$ )

$D_{rsm}$  = Densidad de los residuos sólidos recién compactados en el relleno sanitario manual, 400-500  $kg/m^3$

$MC$  = Factor de material de cobertura (1.20-1.25)

Debe usarse que la densidad usada para la basura recién compactada es menor que la densidad de la basura estabilizada que se usa para el cálculo del volumen.

#### Dimensiones de la celda

##### Área de la celda

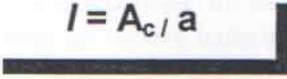
$$A_c = V_c/h_c$$

Datos:

$A_c$  = Área de la celda ( $m^2/día$ )

$h_c$  = Altura de la celda (m) - límite 1.0 m a 1.5 m. Flintoff reporta alturas entre 1.5 y 2.0 m para rellenos sanitarios manuales con operación manual, con lo que se consigue una disminución del material de cobertura necesario.

#### Largo o avance de la celda (m)

$$l = A_c / a$$


$a$  = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m).

Téngase en cuenta que en pequeñas comunidades serán uno o dos vehículos como máximo descargando a la vez, lo que determina el ancho entre 3 y 6 m.

Como los taludes (perímetro) también requieren cubrirse con tierra, la relación del ancho a lo largo de la celda que menos material de cobertura requerirá sería la de un cuadrado. Esta medida se obtendría entonces como la raíz cuadrada del área de la celda, así:

$$a = l = \sqrt{A_c}$$


Cuando no se puede cumplir con esta ecuación por ser el ancho resultante muy estrecho para la descarga de los vehículos, entonces se fija el ancho y se calcula el avance.

#### Cálculo de la mano de obra

La mano de obra necesaria en la operación manual del relleno sanitario manual para conformar la celda diaria depende de:

- La cantidad de residuos sólidos a disponer
- La disponibilidad y tipo de material de cobertura
- Los días laborables en el relleno
- La duración de la jornada diaria
- Las condiciones del clima
- La descarga de los residuos en el frente de trabajo o distante de él
- El rendimiento de los trabajadores

#### Número de trabajadores

Para calcular el número de trabajadores necesarios en el relleno sanitario manual se presenta la siguiente guía, en la cual se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas. Estos rendimientos son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar según los factores descritos anteriormente.

Operación	Rendimientos Hom/Día
Movimiento de residuos	Residuos sólidos(ton/día) / (0.95)*ton/hora-hom x 1/6 horas
Compactación de residuos	área superficial(m2)/(20)*m2/hora-hom x 1/6horas
Movimiento de tierra	tierra(m3) / (0.35 a 0.70) * m3/hora-hom x 1/6 horas
Compactación de la celda	Área superficial(m2) / (20)*m2/hora-hom x 1/6 horas

El autor reporta los siguientes requerimientos de mano de obra de tres sitios, en los cuales se operaron rellenos sanitarios manualmente.

Sitio 1	30 ton/día	2 hombres/15 ton/hom-día
Sitio 2	50 ton/día	6 hombres/8 ton/hom-día
Sitio 3	100 ton/día	10 hombres/10 ton/hom-día

Las densidades de los residuos distribuidos en estos sitios estuvieron entre 250 y 400 kg/m<sup>3</sup>; así para un tonelaje dado, el volumen a ser manejado podría ser similar o mayor que en los países en desarrollo.

La siguiente tabla indica la escala probable de los requerimientos de mano de obra y material de cobertura con una tasa de generación y densidad típicas en América Latina.

Población	Ton/día (ppc=0.5 kg./hab día)	V O L U M E N (m <sup>3</sup> /día)			
		Bas. Suelta (330 kg/m <sup>3</sup> )	Bas. Comp. (500 kg/m <sup>3</sup> )	Material de cobertura	Hombres
20,000	10	30	20	4	4
50,000	25	75	50	10	10
100,000	50	150	100	20	19

Además del número de hombres que ejecutarán las labores propias de la construcción del relleno, es necesario otra persona que dirija y oriente las operaciones en el relleno sanitario manual en calidad de Supervisor.

Para el cargo de supervisor, teniendo en cuenta que disponer de un profesional capacitado en el manejo de residuos sólidos sería costoso, se recomienda contratar a una persona con las siguientes características:

- Técnico en saneamiento
- Promotor de saneamiento, en lo posible con experiencia

Se debe señalar que la presencia del Supervisor en el relleno sanitario manual es importante durante casi toda la jornada laboral en los primeros meses. Con la experiencia de trabajo, es posible reducir el tiempo de permanencia a dos horas diarias: una hora en la mañana y otra en la tarde. Así, se podrá dedicar a la supervisión del aseo urbano en general, y velar por la mejor prestación del servicio.

En última instancia, esta labor de supervisión puede ser llevada a cabo por el Jefe de Obras Públicas del Municipio, con el apoyo de los Promotores de Saneamiento de los Servicios de Salud.

### **2.1.15 Criterios de instalación**

Los criterios de instalación son:

- a. Limpieza y desmonte
- b. Construcción de la vía de acceso interna
- c. Encerramiento del terreno-cerca
- d. Siembra de árboles a nivel perimetral
- e. Construcción del drenaje periférico
- f. Preparación del suelo de soporte
- g. Construcción de drenajes internos
- h. Preparación de ventanillas de gases
- i. Construcción de la caseta e instalaciones sanitarias
- j. Excavación de pozos de monitoreo
- k. Diseño y ubicación del cartel de identificación

### **2.1.16 Criterios de operación y mantenimiento**

#### **a. Clausura del botadero municipal actual**

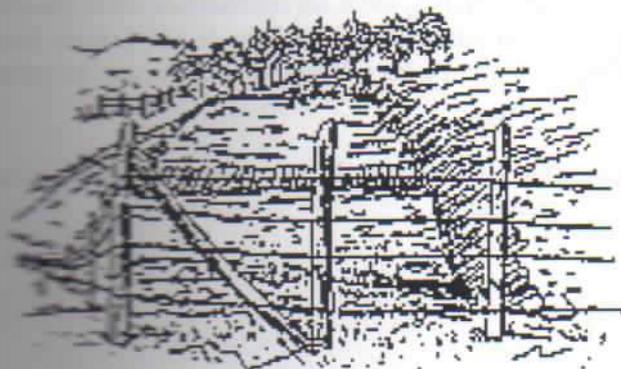
Para la operación de clausura del botadero, en lo posible se deben realizar las siguientes acciones:

- Hacer pública la clausura del botadero, anunciando que ya no se permitirá la disposición de basuras en el lugar, informar además a la comunidad sobre la existencia y ubicación del relleno sanitario manual, y así obtener su cooperación.
- Informar de la existencia del relleno sanitario manual especialmente a los comerciantes, que esporádicamente generan gran cantidad de basuras y contratan a un particular para su disposición.
- Colocar avisos informando a la ciudadanía sobre las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.

Es importante durante el trabajo, es posible reducir el ruido y la contaminación del servicio.

Jefe de Obras Públicas  
Servicios de Salud.

- Construir un cerco para impedir el ingreso de personas extrañas y de animales



#### Cerco perimetral

- Realizar un programa de exterminio de roedores y artrópodos. En esta actividad es importante la asesoría de la División de Saneamiento Ambiental de los Servicios de Salud. Si esta etapa no se realiza, es posible que esos bichos, al no disponer de guarida y alimento (por el enterramiento de las basuras), emigren a las viviendas vecinas, con los consiguientes riesgos y problemas.
- Inmediatamente después del exterminio, se procede a cubrir con tierra compactada todos los huecos con una capa de 0.20 a 0.40m de espesor, y se proveen los drenajes necesarios para evitar la erosión.
- Sembrar vegetación sobre la tierra de cobertura en toda el área

#### ii. Control de operaciones

Las labores en el relleno sanitario deben ser organizadas y supervisadas estrictamente para alcanzar los objetivos propuestos. Esto se logra con:

- El control del ingreso de residuos sólidos (portería)
- El control del flujo de vehículos (portería)
- La orientación del tráfico y descarga (plaza de operaciones)
- El descargue en el frente de trabajo (supervisor)
- El control del tamaño y conformación de las celdas, con su respectivo material de cobertura (supervisor).
- La distribución adecuada del programa de trabajo
- El buen mantenimiento de las herramientas y dotación de implementos de protección de los trabajadores (supervisor).
- La vigilancia para impedir el ingreso de animales y personas extrañas, y la excavación de materiales de los residuos sólidos en las celdas ya conformadas.

siguientes acciones:

Se garantizará la disposición de la frecuencia y ubicación del

Se informará a los comerciantes, que se debe tener un particular para su

Se aplicarán a quienes

**c. Mano de obra**

En el relleno sanitario manual, como su nombre lo indica, todas las operaciones están basadas en el trabajo desarrollado por obreros del municipio o la comunidad. El número de trabajadores necesarios depende de la cantidad de residuos sólidos a enterrar, de las condiciones del clima y del método de construcción del relleno, entre otros.

Es necesario contar además con un **responsable o supervisor de aseo** que tenga los conocimientos necesarios para dirigir esta obra en constante operación.

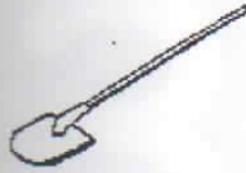
**d. Herramientas**

Para la operación del relleno sanitario manual, el equipo necesario se reduce al empleo de herramientas o utensilios de albañilería, tales como: carretillas de llanta neumática, palas, picos, azadones, barras, piones de madera, así como de horquillas o rastrillos y un rodillo compactador.

La cantidad de estas herramientas está en función del número de trabajadores, y éstos a su vez dependen de la cantidad de residuos sólidos a enterrar en el relleno.

Para el acarreo del material de cobertura o basura, sobre las celdas ya construidas se recomienda la colocación en la superficie del relleno de tabloncillos en forma lineal para facilitar el desplazamiento de las carretillas, sobre todo en época de lluvias, mejorando así los rendimientos en la operación.

### Herramientas de Trabajo



PALA



AZADON



BARRA



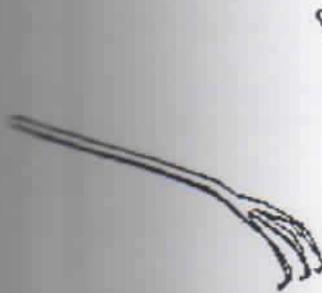
PICA



PISON DE MANO



PISON DE MANO



HORQUILLA



RASTRILLO



TABLONES

1870

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

# 3

## Parte

### Implementación del relleno sanitario manual

3

Parte

Implementación del  
sistema sanitario  
manual

## TERCERA PARTE

### 3. Implementación y operación de un relleno sanitario manual

#### 3.1 Rehabilitación y construcción de la infraestructura de un RSM

El relleno sanitario manual, debe llevarse a cabo siguiendo un plan general preconcebido, pero el supervisor estará facultado para obrar según su criterio cuando haya que resolver situaciones imprevistas como cambios de clima o emergencias.

Antes del inicio de la descarga de la basura, todas las obras de infraestructura del relleno deben estar concluidas.

A diferencia de la operación que se realiza con equipo pesado, en la construcción de un relleno sanitario manual con **operación manual**, se recomienda que la basura y el material de cobertura sean transportados desde la parte **superior** de la celda ya terminada, a fin de facilitar el trabajo de los obreros para conformar la celda, manteniendo un **frente de trabajo estrecho**.

Es importante adiestrar a todos los trabajadores del servicio de aseo en las prácticas no sólo de construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario manual, sino también en todo el proceso del manejo de las basuras, destacando la importancia de cada actividad y el papel de su participación para lograr un buen trabajo.

El supervisor de aseo debe recordar que un trabajador tendrá mejores rendimientos, si le ofrecen buenas condiciones para el desempeño de sus labores.

#### 3.1.1 Rehabilitación de vías de acceso

Antes de iniciar las labores de construcción de las celdas se deberá habilitar una vía principal de acceso al relleno, la misma que deberá contar con las condiciones mínimas para que los vehículos puedan transitar sin ningún problema para evitar el deterioro y/o posibles volcamientos. Para ello será necesario hacer uso de maquinaria pesada como un tractor oruga y una motor niveladora; además se deberá contar con material para el relleno de hoyos y/o para bajar la pendiente de algunas zonas.

#### 3.1.2 Excavaciones y nivelación del terreno

Para una mejor utilización del terreno se podrán realizar excavaciones en el área. Para ello se deberá estar seguro que el empleo de esa nueva área no comprometa la calidad de las aguas subterráneas.

Es imprescindible siempre la nivelación del terreno. Esto facilita el tránsito de los vehículos y también el desplazamiento de los equipos y/o herramientas de trabajo. También se deberá hacer uso en un primer momento de maquinaria pesada. Dependiendo de la permeabilidad y

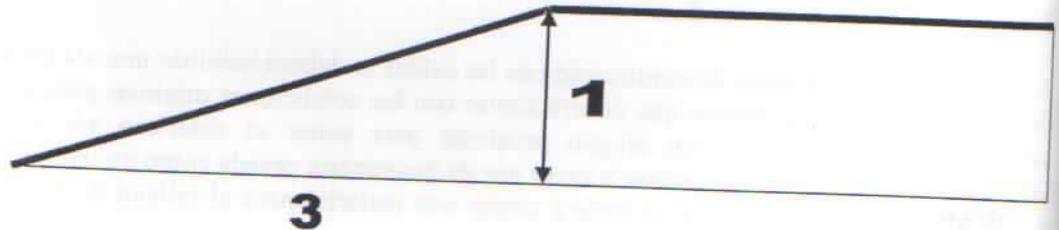
tipo de suelo podrá ser suficiente su compactación, o será necesario tratarla con arcilla, cal, bentonita o revestirlo con arcilla importada. Excepcionalmente, el revestimiento será con una capa sintética (polietileno, PVC, caucho o vinil). En casos críticos se debe desconfiar de la impermeabilización y aumentar un drenaje de seguridad.

### 3.1.3 Construcción de celdas

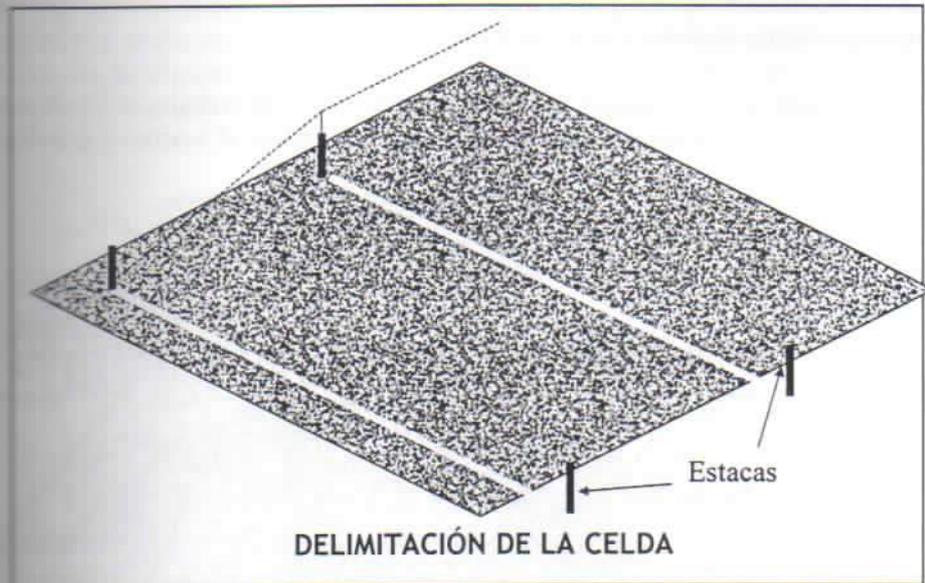
Para la construcción de la **primera celda** se deberá proceder de la siguiente manera:

- **Delimitar el área** que ocupará, de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad y grado de compactación de los residuos sólidos
- Descargar la basura en el **frente de trabajo** a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.20 a 0.30m y compactar hasta obtener la altura recomendada para la celda en el **frente de trabajo**
- Cubrir las basuras compactadas con la tierra **una vez al día, al final de la jornada**, con el espesor suficiente para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie
- Compactar toda la celda hasta obtener una superficie uniforme.

Una vez completada la primera base de celdas, se recomienda hacer transitar el vehículo por encima de ellas en los períodos secos para lograr una mayor compactación. Se descargan los residuos en el frente de trabajo y se esparcen de arriba hacia abajo, manteniendo una pendiente de 3:1 (H: V).



### 3.2.4 Construcción de sistemas de drenaje



### 3.2 Operación de un relleno sanitario manual

Antes de iniciar las operaciones de un relleno sanitario manual se debe elaborar previamente un plan de operaciones que sirva como guía al supervisor o al responsable del RSM desde el momento del control de ingreso de las unidades hasta la cobertura final de las celdas y/o sistemas.

#### 3.2.1 Actividades principales en el manejo de residuos

##### a. Control de unidades

Antes de ingresar un vehículo a descargar los residuos en el RSM, el supervisor debe asegurarse de qué tipo de residuos ingresan al RSM. Si no existen las condiciones ni la seguridad necesarias en el lugar para disponer los residuos peligrosos, se procederá a impedir el ingreso al RSM.

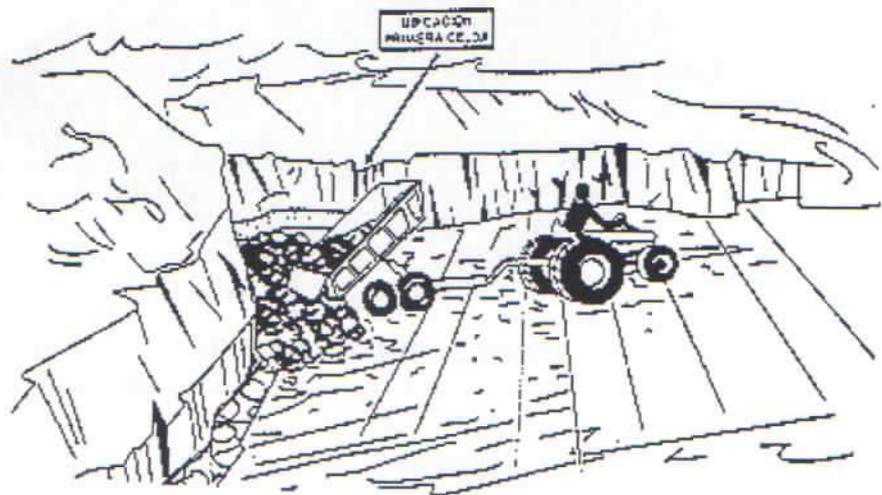
##### b. Ingreso de vehículos

Una vez verificado que una unidad no transporta residuos peligrosos a la zona de descarga, se procederá a autorizar su ingreso a la zona de trabajo del RSM, de lo contrario deberá comunicarse a la autoridad municipal, quien deberá tomar las acciones pertinentes para evitar que los residuos sean dispuestos en un lugar no apropiado.

**c. Descarga de residuos**

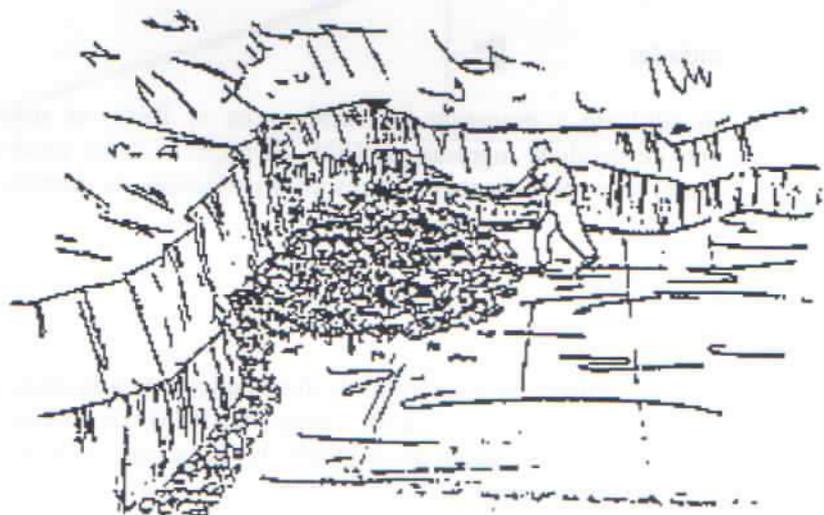
Luego del ingreso del vehículo éste deberá dirigirse a la zona de descarga, la cual deberá estar debidamente señalizada y demarcada de acuerdo a las proyecciones especificadas en el diseño (expediente técnico).

Se deberá descargar los residuos únicamente en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y así evitar el acarreo a grandes distancias.



**d. Esparcido**

El esparcido de la basura se hará en capas delgadas de 20 a 30 centímetros, para facilitar los trabajos y lograr una mejor compactación.



### iv. Compactación

Después de la compactación se empleará el pisón de mano y/o un rodillo compactador manual hasta obtener una superficie uniforme, los residuos deberán levantarse hasta una altura máxima de 1,5 metros y con una pendiente suave en los taludes exteriores (por cada metro vertical, un espacio horizontal de 3 metros).

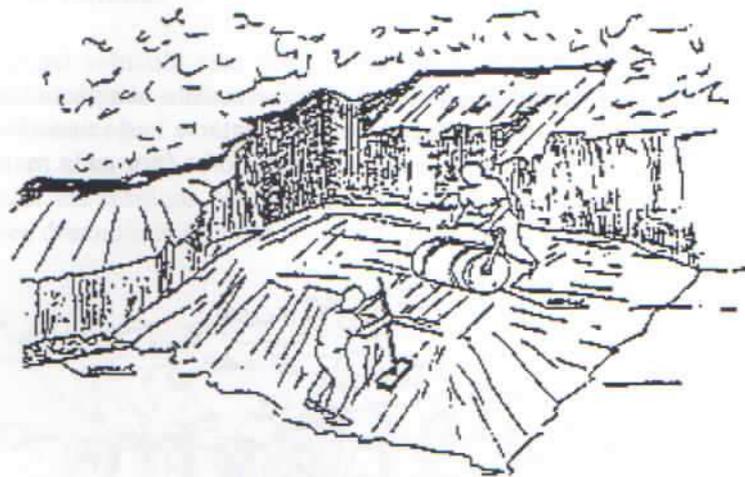


### v. Cobertura

Una vez compactada la basura y haber logrado ya la altura máxima de celda se procederá a cubrir con una capa de tierra de 10 a 15 cm. de espesor, la cual también deberá ser apisonada y compactada para lograr una superficie uniforme (nivelada) y evitar además la generación de olores en la zona.

La siguiente celda podrá ser construida de inmediato junto o sobre la primera celda, siguiendo siempre el plan de operaciones (avance de celdas) del relleno sanitario. Se recomienda que los vehículos transiten por la superficie de la celda terminadas a fin de lograr mayor compactación.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Se recomienda el paso de vehículos en temporadas secas o durante la ausencia de lluvias, procurando descargar los residuos desde la parte alta de la celda para facilitar los trabajos de esparcido.

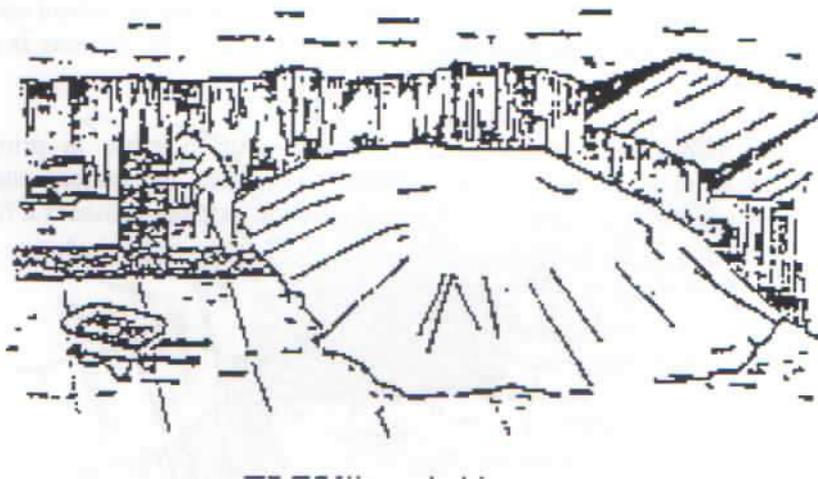


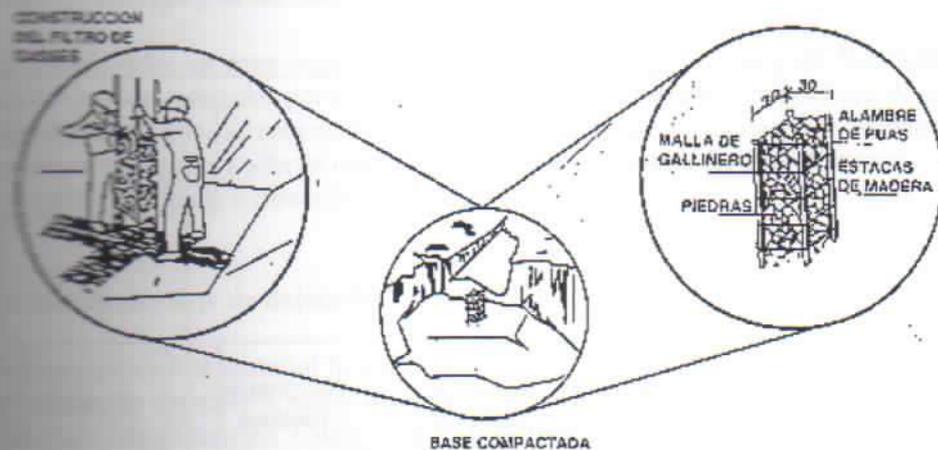
**g. Instalación de ductos para gases**

El sistema de drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de piedra o tuberías perforadas de concreto (revestida con piedra) que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno.

Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviados que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie a fin de lograr eficiencia en el drenaje de gases.

Se recomienda que las chimeneas tengan un diámetro de 30 a 50 cm. y que sean instaladas cada 20 o 50 metros, según el criterio del técnico.





#### 4. Instalación de sistemas de drenaje para lixiviados

Es muy importante construir un sistema de drenaje que servirá de base al relleno sanitario para depositar la basura; este sistema deberá retener el lixiviado en el interior del relleno para su almacenamiento indefinido.

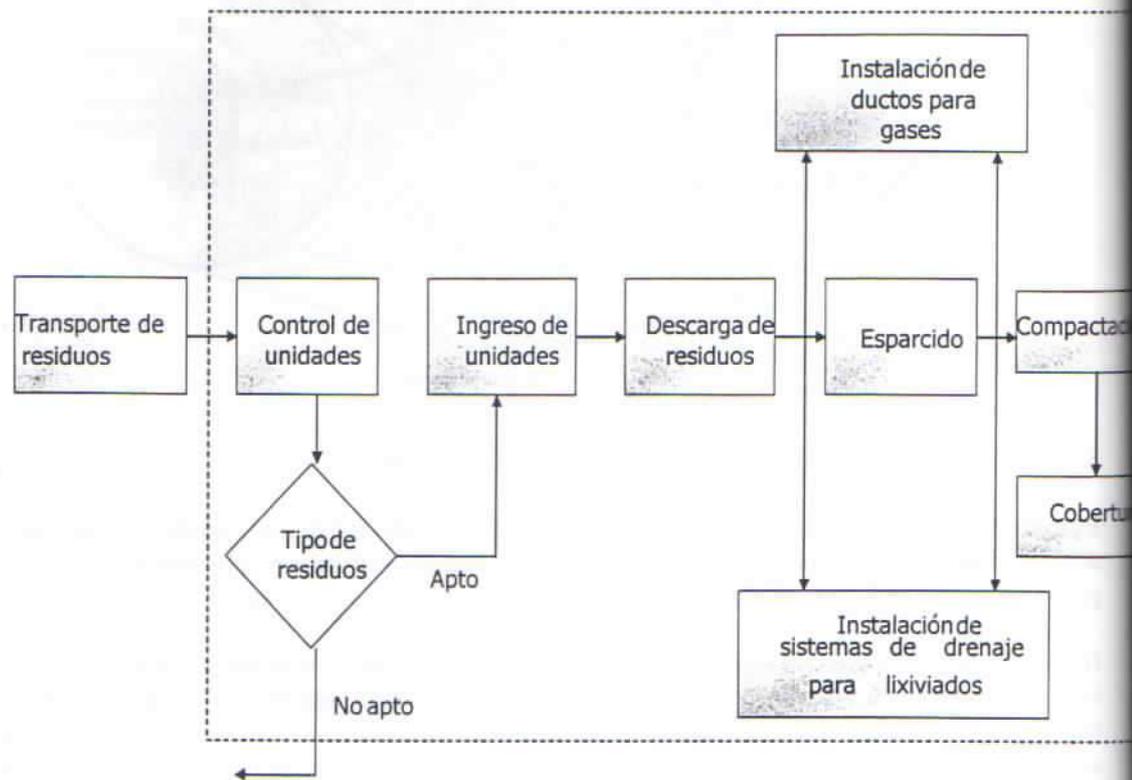
Estos drenajes se deberán construir en todas las bases de los taludes interiores y exteriores de las planchales o niveles que conforman el relleno sanitario, para ello se deberá, primero, marcar en el terreno la línea por donde se ubicará el drenaje, el cual debe ser similar al de un sistema de alcantarillado.

Luego se excavan las zanjas del dren principal de 0.6 m. X 1.0 m., y se instalan las pantallas cada 5 a 10 m., con un ancho de 20 a 30 centímetros, o simplemente se dejan intactos en la zanja estos pequeños bloques de suelo. Para que el lixiviado pueda permanecer almacenado en el interior del relleno sin rebozar las zanjas, se dejará un borde libre de unos 30 centímetros entre la pantalla y el nivel de la superficie del terreno.

Para que la zanja tenga más capacidad de almacenamiento, se llenan las zanjas con piedras que midan entre 4 a 6 pulgadas. Luego se coloca sobre ellas materiales que permitan infiltrar los líquidos y retener las partículas finas que lo puedan colmatar; para ello se pueden utilizar, como ya se dijo, sacos o costales de polipropileno o bien ramas secas de helecho, pasto e incluso tierra.

Otra forma de construir drenes de lixiviado es reutilizando llantas, además una zanja con estas características tiene mayor capacidad de almacenamiento del líquido percolado; de esta se aprovecha así un material voluminoso de difícil manejo en el relleno. Una vez colocadas las llantas en sentido vertical, una junto a la otra, se coloca encima una capa de piedras de 20 a 30 cm. de espesor y se la cubre con sacos de polipropileno o ramas secas como en el caso anterior.

### Flujo de actividades principales en un relleno sanitario manual



#### 3.2.2 Actividades de mantenimiento

##### a. Vía de acceso y caminos internos

Las vías de acceso al RSM y caminos internos deben mantenerse siempre limpios y en óptimas condiciones que permitan el desplazamiento normal de los vehículos y de los trabajadores que transitan por la zona.

En caso de daños en la superficie deberá tenerse siempre listo el material adecuado para su reparación (tierra, piedras, etc.).

##### b. Sistema de drenaje perimétrico

Se debe realizar una limpieza constante de los canales de drenaje perimétrico construidos para captar las aguas de lluvia y desviarlas a otros usos, sobre todo en las épocas de lluvia, se deberá dar mantenimiento una vez por semana.

#### 11. Fines de trabajo y áreas conexas

El fin de trabajo debe ser muy organizado y limpio, sólo se deberá permitir la descarga de residuos en los lugares indicados por el personal del RSM. Para evitar la dispersión de papeles y otros plásticos. Para ello, se recomienda instalar en las cercanías mallas que puedan ser de fácil transporte y que permitan retener estos residuos; para su instalación deberá tenerse siempre presente la predominancia de la dirección de los vientos locales.

#### 12. Sistemas de drenaje de lixiviados

Debido a la gran cantidad de material fino arrastrado por las aguas que percolan o infiltran en el cuerpo del relleno, los drenajes y zanjas internas y externas, se van colmatando poco a poco, y se pueden obstruir con el tiempo. Como es obvio, la remoción de este material, por ahora es complicada, dentro del relleno, pero las zanjas internas sí pueden ser objetos de limpieza si se remueven el material fino sedimentado en ellas, para renovar su capacidad de almacenamiento y evaporación. Este material se deposita nuevamente en el relleno y puede servir para cubrir la cobertura.

#### 13. Sistemas de drenaje de gases

Debido a los asentamientos del relleno y al tránsito vehicular por encima de las celdas y rampas ya terminados, las chimeneas de gases se van deformando e inclinando; de ahí que sea necesario mantenerlas verticales a medida que se eleva el nivel del relleno con el fin de evitar la obstrucción y total deterioro.

#### 14. Instalaciones físicas

Las estructuras y demás instalaciones, tales como la cerca de encerramiento del relleno, el canal de presentación, la caseta de control, al igual que las instalaciones sanitarias, deben ser objeto de mantenimiento a fin de evitar deterioros rápidos de los materiales.

#### 15. Nivelación de plataformas concluidas

Se deberá tener especial cuidado en mantener el nivel adecuado de las plataformas, se podrá realizar esto con métodos caseros, si la extensión de las plataformas no es muy extensa.

#### 16. Cobertura final y recuperación como área verde

La nivelación de las capas de la cobertura final y la siembra de pasto en los terraplenes terminados que ya no recibirán más residuos requieren gran atención porque contribuyen al buen funcionamiento del relleno y mejoran su aspecto. Es conveniente, entonces, acelerar el proceso de siembra colocando terrones con césped al menos en 10% del área, a fin de que la cobertura se integre rápidamente con el paisaje natural del entorno.

### 3.2.3 Actividades de administración y control

#### Recursos

A diferencia de otras obras, la construcción de un relleno sanitario manual requiere de una constante supervisión y mantenimiento, lo cual implica algunos gastos que, aunque mínimos, deben ser atendidos oportunamente, debiendo preverse los recursos correspondientes en el presupuesto anual del municipio.

#### Supervisión

Uno de los elementos más importantes en el relleno sanitario manual es el **jefe o supervisor de aseo**, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; además, debe contar con el pleno respaldo de la Administración Municipal.

Si el relleno sanitario manual no cuenta con una buena supervisión ni con un adecuado mantenimiento técnico y económico, fácilmente podrá convertirse en un botadero a cielo abierto, con todos sus perjuicios.

Un relleno sanitario manual exige una **constante supervisión** para poder evitar fallas futuras.

#### Salud y seguridad de los trabajadores

Debido al tipo de labores del servicio de aseo urbano (recolección, transporte y disposición final de basuras), los trabajadores están constantemente expuestos tanto a accidentes en la vía pública como a enfermedades infecto-contagiosas, por tener que trabajar con residuos potencialmente contaminados. Estos accidentes pueden tener dos orígenes: uno, por condiciones inseguras de trabajo y, otro, por negligencia por parte del propio trabajador.

Las principales condiciones inseguras de trabajo son:

- Recoger la basura manualmente, sin emplear guantes y recogedores, lo que puede producir cortes en las manos al encontrar vidrios rotos o metales afilados.
- Manejar recipientes muy grandes, inadecuados para el almacenamiento de las basuras porque producen desgaste excesivo del trabajador, cortaduras, luxaciones y desgarramientos musculares al ser levantados para su traslado y vaciado al vehículo.
- Trabajar en jornadas excesivamente largas, con la consiguiente fatiga de los trabajadores
- Carecer de uniformes adecuados y equipos individuales de protección

Entre los actos de negligencia más comunes del propio trabajador se encuentran:

- No usar el equipo individual de protección

- Ingerir bebidas alcohólicas durante la jornada de trabajo
- Levantar en forma indebida recipientes u objetos pesados
- No prestar atención al tráfico vehicular

Por lo tanto, se deben identificar cuidadosamente todas las condiciones inseguras así como las causas más comunes de accidentes de trabajo y riesgos a que esté expuesto el trabajador, con el objeto de tomar la solución adecuada.

Seguidamente se indican algunas recomendaciones para tratar de minimizar los problemas anteriores:

- Tratar de evaluar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.
- Establecer normas de seguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
- Proveer al personal de un local para vestuario y duchas donde asearse y cambiarse de ropas después de la jornada de trabajo, a fin de no llevar a sus hogares cualquier clase de contaminación, relacionadas con su actividad.
- Mejorar la calidad del equipo y herramientas, buscando la uniformidad de los recipientes en cuanto a forma, tamaño y peso, y obligando, por lo menos en el sector comercial, al empleo de recipientes plásticos de unos 60 a 100 litros de capacidad. Para el sector residencial, se recomienda llevar a cabo una buena campaña de promoción y concienciación.
- Otorgar a los trabajadores de guantes, botas y por lo menos dos uniformes por año.

#### Indicadores de productividad

Para mantener un adecuado manejo de las distintas actividades, el administrador del servicio de aseo debe analizar dos aspectos fundamentales: los costos y la productividad.

Dado que el relleno sanitario manual es una obra en permanente construcción y operación, es necesario tener algunos indicadores que permitan establecer comparaciones con otras actividades del servicio de aseo, así como con otras obras similares de la Región, a fin de evaluar rendimientos y costos, propendiendo así al máximo aprovechamiento de los recursos disponibles.

Es necesario entonces llevar a cabo una serie de medidas y controles que permitan detectar las fallas, aplicar correctivos y evaluar su eficacia, con el propósito de obtener los mejores rendimientos y mantener el servicio eficiente al menor costo posible.

A continuación se presentan algunos indicadores que se consideran útiles para dirigir, administrar y controlar la administración del relleno sanitario manual:

## UNIDADES

### **Producción total de basura (kg./día)**

= Población urbana x producción per- cápita

### **Costos de financiación del relleno sanitario manual (%)**

= (Inversión inicial para el relleno sanitario manual / Total presupuesto municipal) x 100

### **Cobertura de disposición final (%)**

= (Toneladas dispuestas en el RSM / toneladas recolectadas) x 100

### **Eficiencia del personal en disposición final (ton/hom-día)**

= (Toneladas dispuestas en el RSM x día / Obreros en el relleno sanitario manual) x 100

### **Costo de disposición final (\$/ton)**

= (Costo de operación del RSM x año / toneladas dispuestas por año) x 100

### **Costo de capital por tonelada de basura (\$/ton)**

### **Costo unitario total del relleno (\$/ton)**

=  $C_u + C_{uo}$

## **Controles del relleno sanitario**

A pesar de la poca magnitud de esta obra de saneamiento básico, representa sin embargo, una actividad fundamental en lo relacionado al manejo de los residuos sólidos, al nivel de cualquier comunidad, motivo por el cual debe prestársele sumo interés para que se desarrolle en las mejores condiciones.

Por lo tanto, es importante realizar **evaluaciones periódicas** para mantener **buen control** en los siguientes aspectos:

### **a. Control de la construcción**

Es importante mantener la alineación de las plataformas, así como los niveles señalados para las alturas de las celdas, los cuales se podrán controlar con base en los planos de diseño del proyecto o, incluso, por simple observación. Las pendientes de los taludes deben brindar la estabilidad que se requiere para la obra, de acuerdo con la topografía del terreno.

Es así como se efectúa el control de construcción del relleno sanitario manual.

### **b. Control de operaciones**

- Ingreso de materiales (basura y tierra)
- Cantidad (peso y volumen estimado)
- Procedencia (sector del área urbana)

No se reciben residuos sólidos que no hayan sido autorizados por la administración del relleno sanitario manual.

- Ingreso de vehículos y visitantes
- Sueldo del personal empleado
- Mantenimiento de las herramientas
- Emergencias extraordinarias

#### ii. Control de costos

Uno de los aspectos que frecuentemente descuidan los administradores municipales es el relativo a la recolección y análisis de los costos del servicio de aseo urbano, pese a que éstos presentan uno de los mayores problemas, puesto que en general este servicio debe ser subsidiado por el municipio, representando gran parte del presupuesto.

Por lo tanto, es necesario enfatizar la importancia de recolectar la información relacionada con los costos del relleno sanitario manual, tanto durante la etapa de inversión como de construcción, operación y mantenimiento, puesto que su análisis nos permite buscar los máximos rendimientos con menor costo económico. Se recomienda **separar las cuentas** de cada servicio público.

Por otra parte, se puede demostrar que el porcentaje que representa el relleno sanitario manual en el presupuesto general del servicio de aseo del municipio, oscila entre un 10-20%, y desvirtuar así la imagen equivocada que tienen los administradores locales respecto a los costos de esta obra. De esta forma, además, se calculará de una manera más real el valor de la **tasa o tarifa de aseo**, la cual se constituye como elemento vital para garantizar la solvencia económica del servicio y por consiguiente optimizar su calidad y eficiencia.

Entre los factores a considerarse para efectuar los costos operacionales están:

- Insumos
- Mano de obra
- Mantenimiento
- Gastos indirectos

#### iii. Control ambiental

Inicialmente, el control de la **calidad de las aguas** subterráneas y superficiales se efectuará mensualmente, para luego realizarse con menor frecuencia, luego de confirmar que no hay contaminación por el relleno. Los parámetros a analizar son aquellos exigidos por la autoridad local o regional de control de la contaminación de las aguas.

Las **emisiones de evacuación de gases** deben ser observadas para verificar su ventilación.

### 3.3 Criterios para la gestión

Para garantizar que el relleno sanitario manual se construya y opere de conformidad con las especificaciones y recomendaciones dadas en el estudio o informe final del proyecto, y para tener la certeza de que se cumplan los objetivos propuestos, es necesario que éste cuente con una administración. Siendo la disposición final de los residuos sólidos la última actividad del servicio de aseo, es obvio entonces que el relleno sanitario manual esté a cargo del administrador de este servicio público. Generalmente, en nuestro medio, este administrador es un funcionario de la oficina de servicios de limpieza, servicios varios u obras públicas del municipio.

La administración del relleno sanitario manual debe considerar las relaciones públicas como un factor prioritario tanto durante la construcción como después de clausurado el relleno, puesto que la opinión pública juega un papel definitivo para la promoción y divulgación de esta obra de saneamiento básico en otras zonas donde se requiera la ubicación de un nuevo relleno.

### 3.4 Criterios para el monitoreo y evaluación

#### Supervisión

Para mejorar la calidad del servicio de aseo en los municipios pequeños se recomienda contratar a un técnico o promotor de saneamiento, quien tendrá las funciones de **Jefe de Aseo Urbano o Supervisor de Aseo y/o de limpieza pública**.

Este funcionario será entonces el encargado de coordinar tanto el relleno como todo el servicio de aseo, sirviendo de interlocutor entre los usuarios, los trabajadores y la administración.

Los administradores del servicio de aseo deben estar constantemente enterados de la calidad de las operaciones del relleno sanitario manual.

Entre otras funciones, el supervisor de aseo realizará las siguientes actividades específicas:

- Dar las instrucciones y distribuir adecuadamente las tareas asignadas con base en la programación definida por la dirección en lo que respecta a cada una de las actividades del servicio (recolección, transporte y disposición final de basuras).
- Velar por la eficiencia y calidad del servicio, planificando el abastecimiento y mantenimiento de materiales, herramientas y equipos necesarios para el buen desempeño de las labores.
- Ejercer los controles del caso, tanto en la recolección como en el propio relleno sanitario manual.
- Informar periódicamente sobre el desarrollo de las actividades y anomalías que se presenten.

Dentro de lo posible, se recomienda que las personas que hayan recibido una adecuada capacitación en las distintas actividades del aseo urbano - especialmente en la construcción y operación del relleno sanitario manual- no sean cambiadas con frecuencia, pues esto se traduce en bajas eficiencias y mayores costos.

## 2.5 Clausura y postclausura del relleno sanitario

La **clausura** comprende las acciones orientadas a conservar el relleno clausurado al final de su vida útil, en condiciones estables o similares a las que presentaba el área antes de su operación; esto implica la conservación de la cobertura final, el funcionamiento adecuado de los sistemas de manejo de gases y lixiviados y el funcionamiento adecuado de los sistemas de tratamiento.

Las causas que pueden alterar la estabilidad del relleno clausurado con material de cobertura final son principalmente: posibles afloramientos y escurrimientos de lixiviados, emanaciones de biogás y problemas en el sistema de tratamiento del biogás a que las estructuras de emanación están expuestas directamente. A estos les siguen algunas explosiones como consecuencia del aumento de presión en los volúmenes de biogás retenido, obstrucciones de la red de lixiviados y averías en la estructura de tratamiento de lixiviados. Esto produce principalmente malos olores, emanaciones de biogás y presencia explícita de lixiviados. Estas relaciones de causalidad son, evidentemente, de menor magnitud y riesgo ambiental que su correspondiente en la etapa de operación, pero de mayor magnitud y riesgo que su correspondiente en la etapa de habilitación.

De todos los elementos que afectan al ambiente en esta fase, los lixiviados ofrecen los mayores riesgos y peligros para el ambiente y la salud, seguido de los olores como consecuencia del biogás retenido. Las categorías que se verán más afectadas como consecuencia de la presencia de elementos potenciales son la salud pública y la seguridad; así como la calidad del aire atmosférico, el agua y el paisaje.

Conclusiones

C

onclusiones

y

recomendaciones

## Conclusiones

- La presente guía está dirigida a técnicos y profesionales de los municipios que están involucrados con la gestión de los residuos sólidos de competencia municipal y para aquellas personas interesadas que cuentan con los conocimientos básicos que les permitan una fácil comprensión de los contenidos.
- El relleno sanitario manual es un método de disposición final de residuos sólidos que se diseña para la recepción de cantidades menores a las 30 toneladas/día y para poblaciones con poblaciones menores a los 500 000 habitantes, que permite la operación del mismo mediante técnicas y equipos manuales, con la finalidad de minimizar los costos económicos, sociales, sanitarios y ambientales; cumpliendo a su vez con las normas establecidas en el país.
- Los factores de decisión básicos para seleccionar un lugar son: distancia, accesos, geología-suelos, agua superficial, agua subterránea, orografía, riqueza de flora y fauna, desarrollo productivo de la zona y resistencia social.
- Existen dos métodos para diseñar los rellenos sanitarios: el método de zanjas o trincheras y el método de área, ambos pueden ser empleados en los países de ALC; dependiendo de la disponibilidad del espacio y de la configuración del terreno incluso puede diseñarse una combinación de ambos.
- La operación de un relleno sanitario prevé acciones de control de operaciones, de construcción de operaciones, de costos y, de algo muy importante, el control del ambiente.

## Recomendaciones

- El relleno sanitario manual se puede considerar como el método más económico que existe para la disposición final de residuos sólidos y la ventaja es que además de ser sencilla su operación genera fuentes de trabajo y contribuye a la protección ambiental garantizando la salud de las personas.
- Antes de iniciar el diseño e implementación de un relleno sanitario se recomienda realizar una selección adecuada del sitio para no correr riesgos futuros, existen antecedentes de derrumbes inundaciones y de contaminación ambiental debido a que no se tomaron en cuenta los criterios de decisión mínimos. Es por ello que se recomienda, además, contar con la asistencia técnica de un ingeniero geólogo, un ingeniero geógrafo o un profesional con conocimientos y criterios suficientes que permitan un manejo adecuado del espacio físico, así como de la morfología e hidrogeología del lugar.
- Los costos para el diseño de un relleno sanitario pueden variar dependiendo de la extensión del área seleccionada y de los volúmenes de residuos a disponer, sin embargo, se puede dar como referencia que para una extensión de 5 hectáreas, el costo de diseño está entre los 15000 a 17000 dólares americanos; que involucran el levantamiento topográfico de la zona, el estudio de suelos, geológico, hidrogeológico y el diseño propiamente dicho. No se incluye en estos costos el Estudio de Impacto Ambiental que podría asumirse como un costo independiente de aproximadamente 3000 dólares americanos.
- Para la operación de un relleno sanitario se recomienda tener un área destinada para el reciclaje de residuos orgánicos como actividad paralela para prolongar la vida útil del relleno, para disminuir los costos de disposición final y para reaprovechar los residuos para la obtención de compost, que puede ser utilizado en la agricultura o en el mantenimiento de parques y jardines.
- También se recomienda tener un área especial y aislada para la disposición final de residuos originados en dependencias de salud (postas médicas, clínicas u hospitales).



R

Referencias

Bibliográficas

## **Referencias Bibliográficas**

- Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud Programa de Salud Ambiental. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Serie Técnica No.28 - Enero de 1997
- Flores, D. / IPES. Metodología para la localización de rellenos sanitarios en ciudades de América Latina. Setiembre 2001.
- Flores, D; Valverde P.; Rodrigo, A.; Vilca J. Impacto ambiental del relleno sanitario. Manual La Conejera del distrito de Chaclacayo, Lima, Diciembre 2001.
- OPS/EUP/CEPIS Programa Regional de mejoramiento de los servicios de aseo urbano. Módulo: Disposición final de residuos sólidos. Mayo 1981.
- Jurgen Ehrig, H. Cantidad y contenido de lixiviados de rellenos de residuos domésticos. 1992.
- IPES/PROFONAMPE. Expediente técnico del relleno sanitario manual del Santuario Histórico de Machu Picchu, 2002.

## Números Publicados

- Nº46 **Mujer y Hábitat: experiencias latinoamericanas.** Red Mujer y Hábitat de la Coalición Internacional del Hábitat (HIC), 2 ed., 2003, p.116
- Nº47 **Medición y monitoreo en la lucha contra la pobreza.** Moisés Ventocilla; Fernando Eguren; Daniel Núñez Pedro Franke, 2 ed., 2003, p.13.
- Nº48 **Los conceptos de participación y descentralización: miradas desde el caso boliviano.** Luis Verdesoto, 1999, 64p.
- Nº49 **Orientaciones para la organización de consultas urbanas PGU.** Coordinación Global PGU CNUAH-Hábitat, 1999, 37p.
- Nº50 **Gobernabilidad y desarrollo humano sostenible: las propuestas de la ONU.** Rocio Lombera, 2ed., 2003, 15p.
- Nº51 **Gobernabilidad y gestión gubernamental: gobierno y corrupción.** Roberto Eibenschutz, 2 ed. 2003, 33p.
- Nº52 **Gestión económica y financiera, gobierno con responsabilidad. Social y combate a la pobreza, exclusión social y la inequidad social.** Emilio Pradilla, 2 ed.2003, 51p.
- Nº53 **Gobernabilidad y participación ciudadana.** René Coulomb, 2 ed. 2003, 30p.
- Nº54 **Relación cooperación internacional – municipios,** Alberto Paranhos, 1999, 15p.
- Nº57 **Las ONGs en los conflictos internacionales: crisis de identidad y fortaleza institucional.** Beatriz Sanz, 1999, 60p.
- Nº58 **Transformación urbana y movilidad: contribución al debate en América.** Ricardo Montezuma, 2 ed.2003, 87p.
- Nº59 **Una política pública de participación en la gestión democrática del gobierno de la ciudad de México.** Alejandro Luévano, 1999, 39p.
- Nº61 **Propuesta para un marco jurídico democrático para la participación ciudadana en el Distrito Federal.** María Luisa Cuenca, 2 ed, 2003, 47p.
- Nº62 **Planificación local con perspectiva de género.** Municipio de Vicente López-Argentina; Municipio de Miraflores-Lima, Perú; Municipio de Treinta y Tres-Uruguay; Departamento de Risaralda-Colombia, 2000, 52p.
- Nº63 **Municipios enfrentando la violencia contra las mujeres.** Municipio de Juan Díaz-Panamá; Municipio de Puntarenas-Costa Rica; Municipio de Quito-Ecuador; Municipio de San Borja-Perú, 2000, 60p.
- Nº64 **La participación de las mujeres en las políticas locales.** Municipio de Belém-Brasil; Municipio de Ciudad Guayana-Venezuela; Municipio General Pueyrrendon-Argentina; Municipio de Tena-Ecuador, 2000, 60p.

- 98** **Gestão municipal e governabilidade participativa. Oito consultas urbanas em municípios brasileiros. Discussão e reflexão a partir das práticas e dos aprendizados dos atores locais.** Patrick Bodart, Eliana Costa Guerra, PGU, 2002, 120p.
- 99** **Promoting Participatory Governance for Urban Poverty Elimination in The Caribbean.** Bishnu Ragoonath, edit. PGU, 2002, 78p.
- 100** **Intermediación urbana: ciudades de América Latina en su entorno.** Jean-Claude Bolay, Yves Cabannes, Andrea Carrión, Adriana Rabinovich, EPFL, PGU, 2003, 110p.
- 101** **Memorias del IX Seminario Internacional "Derecho y Espacio Urbano".** Bethania Alfonsin, Edesio Fernandes comp., PGU, 2003, 259 p.
- 102** **Mitos y realidades del desarrollo urbano en América Latina y desafíos futuros para las ONGs.,** Eliane Faerstein, Carlos Buthet. comp, SEHAS, ALOP, NOVIB PGU, 151p.
- 103** **Relatoría Audiencia Pública y Forum Internacional "Derecho a la Vivienda en el Perú".** Carlos Escalante, comp. CENCA, PGU, 2003, 66p.
- 104** **Guía práctica N°1. Para la realización de estudios de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en ciudades.** IPES, PGU, 2003, 58p.
- 105** **Gobernabilidad Participativa para el mejoramiento barrial en Mesa de los Hornos Tlalpan, México D.F.** Milagros Cabrera, Norma Islas, Josef Shulte-Sasse, COPEVI, PGU, 2003, 71p.
- 106** **Propiedad y crédito. La formalización de la propiedad en el Perú.** Julio Calderón, LILP, PGU, 2003, 46p.
- 107** **La democracia impertinente: Comités vecinales en una cultura estatal.** Sergio Zermeño, Gustavo Galicia, Saúl Gutiérrez, Luis Ernesto López, COPEVI, PGU, 2003, 67p.
- 109** **Democracia participativa em Rio Claro - Brasil.** Romualdo Dias, PGU, 2003, 98p.
- 110** **Guía Práctica N°2. Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.** IPES, PGU, 2003, 59p.
- 111** **Diagnóstico y Plan de Acción. Programa de mejoramiento barrial integral de la Comuna 10, Sector Las Palmas, Neiva, Colombia.** PGU, Alcaldía de Neiva, Fedevivienda, HOCOL, 2003, 118p.
- 112** **Los municipios en las leyes latinoamericanas,** Lisímaco Velasco, PGU, 2003, 82p.
- 113** **La participación del Programa Chile Barrio: Evaluación en curso y propuestas de mejoramiento.** Paola Siclari, PGU, 2003, 30p.
- 114** **Hacia la equidad entre mujeres y hombres en las ciudades de América Latina y El Caribe. Una apuesta interinstitucional.** FEMUM-ALC; IULA-FLACMA-CELCADEL; PGU, 2003, 159p.
- 115** **Memoria del Seminario Internacional "Costos y financiamiento de la capitalidad". México D.F. Abril de 2000.** COPEVI; PGU, 2003, 227p.
- 116** **Banco Palmas. Una práctica de socioeconomía solidaria.** Agora XXI, Banco Palmas, PGU, 2003, 39p.
- 117** **Guía práctica N°3. Promoviendo microempresas de gestión ambiental.** IPES, PGU, 2003, 113p.
- 118** **Diagnóstico de la Consulta Urbana en Mejoramiento Barrial Integral. Córdoba, Argentina.** Fedevivienda, SERVIPROH, PGU, 2003, 68p.
- 119** **La transformación de Bogotá. Redefinición ciudadana y espacial. 1995-2000.** Ricardo Montezuma, PGU, Fundación Ciudad Humana, 2003, 69p.
- 120** **Gestión urbana participativa en Maracaibo, Venezuela. "Ciudadanía plena". Un mecanismo de superación de la pobreza.** Marina González, PGU, Hábitat - Luz, 2003, 76p.
- 121** **Guía Práctica N°4. Para la construcción de rellenos sanitarios manuales.** PGU, IPES, 2003, 59p.

**U**na considerable producción sobre temas relacionados con la gestión urbana se genera de un modo permanente en todos los países de América Latina y El Caribe. Documentos relacionados con la sistematización de experiencias, estudios y ponencias presentadas en seminarios y eventos, innovadores cuerpos legales o normativos, suelen poseer una circulación que no rebasa la esfera física de lo local y la esfera temporal de lo coyuntural, a pesar del interés e incluso la trascendencia que pueden tener para quienes, en otros ámbitos y en otros contextos, se hallan vinculados a la temática específica que tratan estos documentos.

Recuperar esos componentes de la "literatura gris" y contribuir a su difusión es la tarea que se ha impuesto la Coordinación Regional para América Latina y El Caribe del Programa de Gestión Urbana, en el marco de su estrategia de Gestión del Conocimiento y de la Información. Para ello, pone en circulación la Serie "Cuadernos de Trabajo del PGU", en la cual, se incluyen textos producidos por el PGU, bien sea de manera directa o en asocio con otros organismos e instituciones.

También se incorporan en la serie textos de otros autores, siempre y cuando se trate de materiales de interés regional, que provean contribuciones interesantes para la comprensión de los fenómenos urbanos y, muy especialmente, que sean herramientas útiles para el mejoramiento de la gestión de las ciudades.

#### **Guía Práctica N°4. Para la construcción de rellenos sanitarios manuales**

La presente guía consiste en una herramienta para levantar información de base sobre las características de los residuos sólidos domiciliarios, considerando que el manejo técnico de los mismos consiste en diseñar y aplicar un programa para su adecuado tratamiento, tanto en el momento de su generación y almacenamiento domiciliario, como en su transporte y disposición final; rescatando en la medida de lo posible la porción reutilizable.

Para su mejor comprensión, la guía ha sido dividida en tres partes. En la primera, se dan algunas definiciones básicas del relleno. En la segunda, se tratan los aspectos técnicos, es decir, el diseño propiamente dicho de los rellenos sanitarios y los cálculos básicos para determinar su vida útil. En la tercera parte se tratan los aspectos referidos a la implantación y operación de un relleno sanitario, la habilitación y construcción de su infraestructura, se describen las actividades principales de manejo de residuos y las de administración, control y mantenimiento de un relleno sanitario.

**IPES**, Promoción del Desarrollo Sostenible fundado en 1984, tiene como propósito la promoción del desarrollo sostenible y sustentable, buscando beneficiar a los sectores menos favorecidos de la sociedad.

IPES apuesta por el desarrollo sostenible; en este sentido promueve la puesta en marcha de proyectos rentables (económica, social y ambientalmente) y con garantía de calidad y permanencia.

Para la selección de las poblaciones objetivo, IPES considera las capacidades de éstas para involucrarse activamente en su propio desarrollo, buscando su participación activa y protagónica.

El quehacer de IPES está caracterizado por el desarrollo de proyectos de carácter modular. Por ello, propone su réplica, tomando como base alternativas y modelos probados. Sin embargo, también se propone la exploración de modelos nuevos, recogiendo experiencias existentes y desarrollando modelos exploratorios para validarlos y difundirlos.

IPES trabaja con hombres y mujeres por igual, pero abre mayores oportunidades a las mujeres que, por razones de exclusión o disminución, no son atendidas en la mayoría de proyectos y programas de desarrollo.



Coordinación Regional para América Latina y El Caribe

García Moreno 751, entre Sucre y Bolívar  
P.O. Box: 17-01-2505, Quito - Ecuador  
Telefax: (593 2) 2583 961 / 2282 361 / 2282 364  
Email: pgu@pgu-ecu.org  
www.pgualc.org