

GOBERNACION DE ANTIOQUIA

DEPARTAMENTO
ADMINISTRATIVO
DE PLANEACION

DIRECCION DE ASESORIA MUNICIPAL Y URBANA



ASEO URBANO



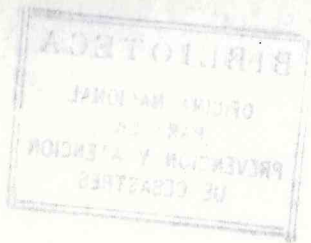
GUIA PARA EL DISEÑO CONSTRUCCION Y OPERACION



Ministerio de Salud

Organización Panamericana
de la Salud OPS/OMS





REPUBLICA DE COLOMBIA

**GOBERNACION DE ANTIOQUIA
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION**

GOBERNACION DE ANTIOQUIA

FERRANDO PANESSO SERNA

**GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y
OPERACION
DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL**

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION

LUIS PEREZ GUTIERREZ

BOGOTÁ

Guillermo Beltrán L. Coordinador Técnico

Concepción Escobar A Coordinadora Administrativa

Medellín, Abril de 1988

Zoraida Gómez B. Directora Área de Municipal y Urbana

Norberto Estrella P. Director Planeación Regional e Interregional

Lucía Rayo A. Directora Investigaciones Estadísticas

Yolanda Gómez de B. Jefa División Desarrollo Urbano



REPUBLICA DE COLOMBIA

GOBERNACION DE ANTIOQUIA
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION

Y GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION
OPERACION
DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

Medellin, Abril de 1988

GOBERNACION DE ANTIOQUIA

FERNANDO PANESSO SERNA
GOBERNADOR

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION

LUIS PEREZ GUTIERREZ
DIRECTOR

Guillermo Beltrán L.	Coordinador Técnico
Constanza Escobar A.	Coordinadora Administrativa
Zoraida Gaviria G.	Directora Asesoría Municipal y Urbana
Hernando Latorre F.	Director Planeación Regional y Sectorial
Nubia Rave A.	Directora Investigaciones Estadísticas
Yolanda Gómez de S.	Jefe División Desarrollo Urbano

GOBERNACION DE ANTIOQUIA

FERNANDO PANESO SERNA
GOBERNADOR

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION

LUIS PEREZ GUTIERREZ
DIRECTOR

Guillermo Bellán J. Coordinador Técnico

Constanza Escobar A. Coordinadora Administrativa

Zoraida Gavira G. Directora Asesora Municipal y Urbana

Hernando Latorre F. Director Planeación Regional y Sectorial

Nidia Rave A. Directora Investigaciones Estadísticas

Yolanda Gómez de S. Jefe División Desarrollo Urbano

AGRADECIMIENTO

El Departamento Administrativo de Planeación agradece especialmente a la Organización Panamericana de la Salud -OPS- el interés y colaboración para difundir esta experiencia.

GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

ESTE DOCUMENTO FUE ELABORADO POR:

Ingeniero Sanitario:

- Jorge Alberto Jaramillo Pérez

Mecanografía:

- Silvia Giraldo de R.

Dibujos:

- María Piedad García González
- Jorge Alberto Jaramillo Pérez.

Diseño Carátula:

- Arquitecto, Francisco Zapata Bedoya.

PARA EL LECTOR

AGRADECIMIENTO

El Departamento Administrativo de Planeación agradece especialmente a la Organización Panamericana de la Salud -OPS- el interés y colaboración para difundir esta experiencia que como obra de saneamiento ambiental es de gran significado para nuestras poblaciones.

GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE UN
RELLENO SANITARIO MANUAL

ESTE DOCUMENTO FUE ELABORADO POR:

Ingeniero Sanitario:

• Jorge Alberto Jaramillo Pérez

Mecanografía:

• Silvia Girado de R.

Dibujos:

• María Piedra García González

• Jorge Alberto Jaramillo Pérez

Diseño Gráfico:

• Arquitecto, Francisco Zapata Bedoya

AGRADECIMIENTO

El Departamento Administrativo de Planeación agradece especialmente a la Organización Panamericana de la Salud - OPS - el interés y colaboración para difundir esta experiencia que como obra de saneamiento ambiental es de gran significado para nuestras poblaciones.

PRESENTACION PARA EL LECTOR

El Presente documento se divide en dos partes:

- La primera compuesta por seis capítulos, orientados hacia los administradores locales y empleados municipales que tengan a su cargo la supervisión sobre la construcción, operación y mantenimiento de un Relleno Sanitario Manual, en los cuales se presentan en forma simple y con algún detalle, los elementos básicos y obras necesarias a tener en cuenta.

En la mayoría de nuestros municipios rurales la ejecución de la obra puede llevarse a cabo utilizando esta guía. Sólo en algunos casos de mayor complejidad, se requerirá de mayor asesoría técnica, debido a las características del terreno.

- La Segunda parte contenida en los anexos, está dirigida a los técnicos interesados en el diseño de esta pequeña obra de saneamiento, puesto que en sus manos está el prestar la asesoría a los encargados del manejo de los desechos sólidos, en las áreas urbanas de nuestras poblaciones.

Este documento fue elaborado por el personal técnico de la División de Desarrollo Urbano del CAU, con el apoyo y colaboración de los señores ingenieros y arquitectos que trabajan en esta División, con gran dedicación y capacidad profesional. Esta guía ha sido escrita en un lenguaje sencillo y claro para ser entendida por los administradores locales, a fin de que sirva como herramienta de trabajo para el personal técnico que se dedica a la ejecución de obras de saneamiento en los municipios.

LUIS PEREZ GUTIERREZ

Director

Departamento Administrativo de Planeación

PRESENTACION

La presente guía para el Diseño, Construcción y Operación de un Relleno Sanitario Manual, es el fruto de varios años de experiencias del Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia, en su labor de asesoría a los Municipios del Departamento, en materia de aseo urbano, especialmente en lo que concierne a la disposición final de las basuras.

Con este trabajo se pretende complementar la asesoría profesional especializada que pueda necesitarse en ciertos aspectos relativos a la Planeación, Diseño, Construcción y Operación de un Relleno Sanitario Manual. Además se presenta información sobre los principios básicos y la experiencia de campo adquirida en la construcción y operación de rellenos sanitarios que actualmente se encuentran en operación en el Departamento de Antioquia, especialmente el Relleno Sanitario Manual "El Chagualo", en el Municipio de Marinilla, cuya asesoría ha estado a cargo del DAP, y el cual ha sido de reconocido interés en seminarios nacionales e internacionales.

Esta publicación es un aporte importante a la solución de la disposición final de los desechos sólidos (basuras) en las pequeñas poblaciones y fue elaborado por el Ingeniero Sanitario Jorge Jaramillo Pérez, quien conjuntamente con un equipo de técnicos y auxiliares de la División de Desarrollo Urbano del DAP, vienen trabajando y recogiendo experiencias nacionales y extranjeras en este campo, con gran dedicación y capacidad profesional. Esta guía ha sido escrita con claridad y lenguaje accesible para las Administraciones Municipales, a las cuales va dirigida especialmente la publicación, esperando que contribuya a la conservación del medio ambiente y eleve los niveles de salubridad en los municipios.

LUIS PEREZ GUTIERREZ

Director

Departamento Administrativo de Planeación

conservación del medio ambiente y eleve los niveles de salud en los municipios, a las cuales va dirigida especialmente la publicación, esperando que contribuya a la con claridad y lenguaje accesible para las Administraciones Municipales, a las campo, con gran dedicación y capacidad profesional. Esta guía ha sido escrita por el ingeniero Santiaho Jorge Jaramillo Pérez, quien conjuntamente con un equipo de técnicas y auxiliares de la División de Desarrollo Urbano del DAP, los desechos sólidos (basuras) en las pequeñas poblaciones y fue elaborado Esta publicación es un aporte importante a la solución de la disposición final de

nacionales e internacionales estado a cargo del DAP, y el cual ha sido de reconocido interés en seminarios Saniaho Manuel "El Chaguaito", en el Municipio de Manizales, cuya asesoría ha tan en operación en el Departamento de Antioquia, especialmente el Relleno la construcción y operación de rellenos sanitarios que actualmente se encuentran información sobre los principios básicos y la experiencia de campo adquirida en Construcción y Operación de un Relleno Sanitario Manual. Además se presenta da que pueda necesitarse en ciertos aspectos relativos a la Planeación, Diseño, Con este trabajo se pretende complementar la asesoría profesional especializada.

concieme a la disposición final de las basuras. Con este trabajo se pretende complementar la asesoría profesional especializada. Con este trabajo se pretende complementar la asesoría profesional especializada. Con este trabajo se pretende complementar la asesoría profesional especializada.

PRESENTACION

87	Mantenimiento	3.8.2
88	Hermetización	3.8.1
89	EQUIPO DE OPERACION	3.8
90	CONSTRUCCIONES AUXILIARES	3.7
91	MATERIAL DE CONSTRUCCION	3.6
92	ACCESOS Y DRENAJE PLUVIAL INTERNO	3.5
93	DRENAJE DE GASES	3.4
94	DRENAJE LIQUIDO PERCOLADO	3.3
95	MANEJO DE LA MANGUERA	3.2
96	Tratamiento del suelo de soporte	3.2.2
97	Limpieza y desmaleza	3.2.1

RELLENO SANITARIO MANUAL

CONTENIDO

98	CONSTRUCCION	4.0
99	METODO CONSTRUCTIVO	4.1
100	Método del área y pendiente	4.1.1
101	Método de zanja o trinchera	4.1.2
102	FASES DE CONSTRUCCION	4.2
103	GENERALIDADES	21
104	QUÉ ES UN RELLENO SANITARIO -RS-	23
105	POR QUÉ ES IMPORTANTE UN RELLENO SANITARIO	23
106	PRINCIPIOS BASICOS DE UN RELLENO SANITARIO	25
107	VENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO	25
108	DESVENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO	26
109	EL RELLENO SANITARIO MANUAL - RSM	26
110	METODOS DE RELLENO SANITARIO	27
111	Método de trinchera o zanja	27
112	Método de área	30
113	Método de pendiente o rampa	31
114	PASOS PARA LA CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL	33
115	SELECCION DEL SITIO	39
116	METODOLOGIA	42
117	USO FUTURO DEL RELLENO SANITARIO	42
118	OTRAS RECOMENDACIONES	4.0
119	DETALLES DEL PROYECTO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL	45
120	INFRAESTRUCTURA PERIFERICA	47
121	Vías de acceso	47
122	Drenaje de aguas lluvias	48
123	OBRAS NECESARIAS PARA ADECUAR EL TERRENO	49

3.2.1	Limpeza y desmonte.....	49
3.2.2	Tratamiento del suelo de soporte.....	50
3.2.3	Cortes.....	51
3.3	DRENAJE LIQUIDO PERCOLADO.....	52
3.4	DRENAJE DE GASES.....	54
3.5	ACCESOS Y DRENAJE PLUVIAL INTERNOS.....	58
3.6	MATERIAL DE COBERTURA (MC).....	58
3.7	CONSTRUCCIONES AUXILIARES.....	61
3.8	EQUIPO DE OPERACION.....	63
3.8.1	Herramienta y equipo.....	63
3.8.2	Mantenimiento.....	67
CONTENIDO		
4.0	CONSTRUCCION.....	69
4.1	METODO CONSTRUCTIVO.....	71
4.1.1	Método del área y pendiente.....	72
4.1.2	Método de zanja o trinchera.....	76
4.2	FASES DE CONSTRUCCION.....	79
4.3	PROYECTO PAISAJISTICO.....	79
4.4	IMPACTO AMBIENTAL.....	81
4.4.1	Condiciones existentes.....	81
4.4.2	Condiciones durante el desarrollo y operación.....	81
5.0	OPERACION.....	83
5.1	CLAUSURA DEL BOTADERO TRADICIONAL.....	85
5.2	DISCIPLINA.....	85
5.3	CONSTRUCCION DEL RELLENO.....	87
5.4	SEGURIDAD DE TRABAJO.....	88
5.5	ASENTAMIENTO Y ACABADO FINAL.....	90
5.6	CONTROL DE AGUAS.....	90
5.7	DEPENDENCIA ADMINISTRATIVA.....	90
5.8	PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD.....	90
6.0	OTRAS RECOMENDACIONES.....	93
	GLOSARIO DE TERMINOS.....	97
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	103
ANEXOS		
I.01	DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL.....	110

II.	NOCIONES DE DIBUJO Y TOPOGRAFIA.....	133
III.	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE UN TERRENO CON MANGUERA.....	136
IV.	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION.....	147
V.	MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.....	148
VI.	PROYECTO DE ACUERDO MUNICIPAL.....	150

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

El presente documento es el resultado de un estudio realizado en el marco del proyecto de cooperación técnica entre el Gobierno de Chile y el Gobierno de la República de Colombia, en el ámbito de la gestión municipal y el saneamiento básico.

133	NOCIONES DE DIBUJO Y TOPOGRAFIA	49
134	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE UN TERRENO CON MANQUERA	50
135	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION	51
136	MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	52
137	PROYECTO DE ACUERDO MUNICIPAL	53
138	MONITORING	54
139	METODO CONSTRUCTIVO	55
140	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	56
141	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	57
142	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	58
143	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	59
144	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	60
145	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	61
146	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	62
147	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	63
148	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	64
149	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	65
150	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	66
151	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	67
152	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	68
153	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	69
154	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	70
155	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	71
156	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	72
157	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	73
158	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	74
159	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	75
160	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	76
161	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	77
162	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	78
163	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	79
164	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	80
165	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	81
166	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	82
167	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	83
168	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	84
169	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	85
170	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	86
171	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	87
172	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	88
173	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	89
174	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	90
175	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	91
176	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	92
177	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	93
178	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	94
179	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	95
180	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	96
181	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	97
182	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	98
183	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	99
184	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	100
185	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	101
186	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	102
187	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	103
188	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	104
189	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	105
190	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	106
191	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	107
192	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	108
193	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	109
194	ESTUDIOS DE TIPO Y PERIODO	110

no. no exige grandes recursos técnicos ni económicos, pues se trata de una obra al alcance de los Municipios.

Vale la pena recordar que el servicio ordinario de aseo urbano consta fundamentalmente de las siguientes actividades: almacenamiento, recolección, transporte y disposición sanitaria final de los desechos sólidos; esto significa que el Relleno Sanitario es su destino final, tanto imprescindible en el manejo de los desechos urbanos.

INTRODUCCION

Las basuras como producto generado por las actividades comunes al hombre, vienen aumentando en cantidad y variedad, consecuencia del incremento de la población y del desarrollo tecnológico y urbanístico.

El problema de las basuras ya no es como se creyó hasta hace poco, una preocupación de las grandes ciudades. Es un hecho que ha llegado a las poblaciones rurales pequeñas, en cuyas cabeceras municipales se ha aumentado considerablemente el número de habitantes.

El hombre, en medio de los avances de la era tecnológica, en la que ha alcanzado traspasar la barrera del sonido, llegar a la luna y programar un automóvil, se ha acostumbrado en forma inexplicable a compartir su cada vez menor espacio habitable, en medio de los desechos que el mismo produce, y buena parte de la población, especialmente de los países subdesarrollados como el nuestro, conviven o muchos de ellos más que convivir, viven inmersos en la basura.

La basura está estrechamente ligada con la salud pública, es causa de malos olores, problemas estéticos, cuna y hábitat de varios vectores de peligrosas enfermedades. Los microorganismos causantes de ellas, traídos en las excretas de hombres y animales, son transmitidos por moscas y ratas, habitantes de basureros, constituyéndose en los mayores peligros de la basura.

Es evidente que un control adecuado de moscas y roedores es vital para la salud pública. Mediante una conveniente disposición final de las basuras se podrán controlar no sólo aquellos, sino también, evitar la contaminación del agua, el aire y el suelo, pues hasta ahora la práctica común ha sido su descarga a cielo abierto, y su vertimiento a los ríos y quebradas.

El Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia -DAP- consciente de esta grave situación, ha venido impulsando la técnica del Relleno Sanitario -RS- en las distintas poblaciones, y más aún, el Relleno Sanitario con Operación Manual para las pequeñas localidades que generan hasta veinte toneladas diarias de basuras, en sus áreas urbanas, como la solución más adecuada para su disposición final, dado que la infraestructura necesaria y la operación del Relle-

no, no exige grandes recursos técnicos ni económicos, pues se trata de una obra al alcance de los Municipios.

Vale la pena recordar que el servicio ordinario de aseo urbano consta fundamentalmente de las siguientes actividades: almacenamiento, recolección, transporte y disposición sanitaria final de los desechos sólidos; esto significa que el Relleno Sanitario es su última actividad y por lo tanto imprescindible en el manejo de los desechos urbanos.

Además con su construcción no sólo se está protegiendo la salud, el medio ambiente, los recursos naturales, sino también elevando la calidad de vida de la población y generando una nueva fuente de empleo.

Con el presente trabajo entonces, el DAP y la OPS pretenden hacer extensivas las experiencias logradas que propenden por el saneamiento básico de nuestro pueblo y cumplen con la legislación ambiental existente en Colombia especialmente el Decreto 2104 de 1983 en cuanto a Residuos Sólidos del Ministerio de Salud, reglamentario de la Ley 09 de 1979, Código Sanitario Nacional. Además buscan capacitar a todos aquellos que tienen a su cargo el manejo de los desechos urbanos, ahora que los municipios tienen la responsabilidad de la prestación de sus servicios públicos como lo establece el Decreto Ley 77 de 1987.

Por último, quiero agradecer a todos aquellos que de una u otra forma motivaron la realización de esta guía; en Planeación Departamental, especialmente a las doctoras Zoraida Gaviria Gutiérrez y Yolanda Gómez de Schemel, al Ingeniero Sanitario Macario Pino Gómez; y al Ingeniero José Luis Sorza, por compartir algunas experiencias de campo en la Construcción y Operación del Relleno Sanitario "Curva de Rodas".

**"EL ASEO URBANO EN CUALQUIER MUNICIPIO,
CONSTITUYE UN SERVICIO BASICO DE SU RESPONSABILIDAD"**

El Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia -DAP- consciente de esta grave situación, ha venido impulsando la técnica del Relleno Sanitario -RS- en las distintas poblaciones, y más aún, el Relleno Sanitario con Operación Manual para las pequeñas localidades que generan hasta veinte toneladas diarias de basuras, en sus áreas urbanas, como la solución más adecuada para su disposición final, dado que la infraestructura necesaria y la operación del Relleno

1.0 GENERALIDADES

1.1 QUE ES UN RELLENO SANITARIO -RS-

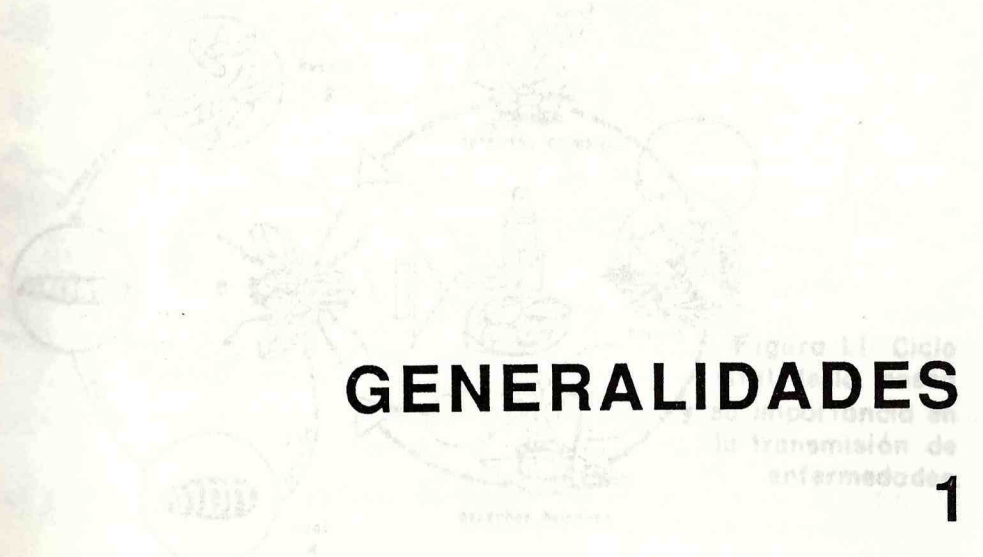
Es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia o peligro para la salud y seguridad pública, ni perjuicio al medio ambiente, tanto durante su operación, como después de terminada. Este método utiliza principios de ingeniería para conducir la basura a un área de poca extensión, cubriéndola con capas de tierra inofensivas. Alienta, previene problemas que puedan causar los malos olores y gases producidos en el Relleno, como efecto de la descomposición de la materia orgánica.

1.2 POR QUE ES IMPORTANTE UN RELLENO SANITARIO

El Relleno Sanitario como técnica para eliminar todos los desechos sólidos producidos por la comunidad contribuye a la convivencia entre el hombre, los animales y las plantas, que de otra forma ocasionarían problemas de:

- Salud

Porque las heces y orinas que se arrojan al suelo, producen enfermedades. Las moscas pueden transmitir los gérmenes de las heces, orinas y excrementos a los alimentos, frutas, verduras y hortalizas y a las personas que se alimentan de ellos. El viento levanta polvo y tierra que cubren la ropa y el cuerpo de las personas, la piel y el cabello de las personas, exponiéndolos a la contaminación y a enfermedades.



GENERALIDADES

no, no exige grandes recursos técnicos ni económicos, pues se trata de una obra al alcance de los Municipios.

Vale la pena recordar que el servicio ordinario de saneamiento básico fundamentalmente se refiere a la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos.

Además con su construcción no sólo se está protegiendo la salud del medio ambiente, los recursos naturales, sino también evitando la contaminación de la población y generando una atmósfera más saludable.

Con el presente trabajo entonces, se espera que se puedan tener experiencias exitosas que propicien por el saneamiento básico de nuestro pueblo y cumplan con la legislación ambiental existente en Colombia, especialmente el Decreto 2184 de 1983 en cuanto a Residuos Sólidos del Ministerio de Salud, registrado de la Ley 69 de 1979 Código Sanitario Nacional. Además buscan exponer a los lectores que se refieren a lo largo el trabajo de los desechos urbanos, para que los municipios tomen la responsabilidad de la generación de los residuos sólidos para la población de sus respectivos municipios.

Por último, quiero agradecer a todos aquellos que de una u otra forma motivaron la realización de este guión: al Planificador Departamental, especialmente a las señoras Zoraida Gaviria Gaitaneri y Yolanda Gómez de Bohórquez, al Ingeniero Sándoro Marín Pino Gómez, y al Ingeniero Luis Bonet, por permitir el desarrollo de este trabajo en el Centro de Estudios y Promoción del Medio Ambiente "Cerro de Perlas".

GENERALIDADES

1.0 GENERALIDADES

1.1 QUE ES UN RELLENO SANITARIO -RS-

Es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia o peligro para la salud y seguridad pública, ni perjuicio al medio ambiente, tanto durante su operación, como después de terminado. Este método utiliza principios de Ingeniería para confinar la basura en un área de poca extensión, cubriéndola con capas de tierra diariamente. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, como efecto de la descomposición de la materia orgánica.

1.2 POR QUE ES IMPORTANTE UN RELLENO SANITARIO

El Relleno Sanitario tiene por objeto eliminar todos los desechos sólidos producidos por la comunidad, evitando así la convivencia entre el hombre, los animales y las basuras, que de otro modo ocasionarían problemas de:

- Salud:

Porque los insectos y roedores que viven en los basureros transmiten enfermedades. Las moscas pueden diseminar los gérmenes de la fiebre tifoidea, disentería basilar y amibiana, diarrea infantil y otras más. Las ratas y ratones pueden transmitir la peste bubónica, tifus murino, leptospirosis, y la rabia. Así mismo, la cría y engorde de cerdos, con basuras, exponen a la población que los consume a contraer estas enfermedades (Fig. 1.1);

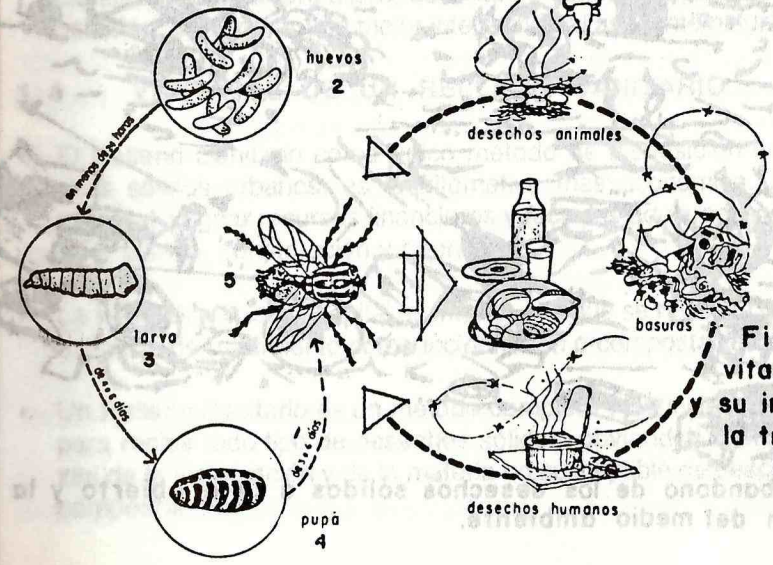


Figura 1.1 Ciclo vital de la mosca y su importancia en la transmisión de enfermedades.

- Sociales:

Fomentados por el alto índice de desempleo, obligando a que algunas personas vivan de la selección y recuperación de subproductos de los desechos en los basureros, confundiendo entre los animales en un total estado de insalubridad y degradación del ser humano, no comparable con otra actividad, convirtiéndose además en vectores o portadores de enfermedades infecto-contagiosas, amén de las lesiones corporales recibidas, debido a heridas por objetos tales como: botellas rotas, latas, etc.

- Económicas:

Por la desvalorización que sufre el sitio y los terrenos aledaños, mientras se está depositando la basura.

- Ecológicos - Ambientales:

Un botadero al aire libre ocasiona la contaminación del suelo, el aire y el agua, y ni pensar del deterioro de los ríos y quebradas cuando reciben directamente estos desechos sólidos (Fig. 1.2).



Figura 1.2 Abandono de los desechos sólidos a cielo abierto y la contaminación del medio ambiente.

- Estéticos:

Por el abandono de las basuras alterando notablemente el paisaje con sus quemados, humos y gallinazos, causando un impacto negativo a los sentidos de la vista, y el olfato con los malos olores.

1.3 PRINCIPIOS BASICOS DE UN RELLENO SANITARIO

Se considera oportuno resaltar algunos principios básicos:

- Supervisión constante, mientras se está vaciando, recubriendo la basura y compactando la celda, conservando el Relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable por su mantenimiento.
- La altura de la celda - es otro factor importante a tener en cuenta, se recomienda para el RSM una altura de 1.0 m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario - con una capa de 10 a 20 cm de tierra o material similar.
- La compactación de los desechos sólidos en capas de 20 a 30 cm, y finalmente cuando se cubra con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte, el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad en el sitio. Una regla sencilla indica que a mayor densidad tanto mejor, desde el punto de vista económico y ambiental.
- El cubrimiento final de unos 60 a 100 cm de espesor, lleva las mismas funciones de la cobertura diaria, además de estar en capacidad de sostener vegetación, para lograr una mejor integración al ambiente natural.

1.4 VENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO

- El Relleno Sanitario como único método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es la alternativa más económica. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción y operación.
- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar los métodos de tratamiento como incineración o compostación.
- Un Relleno Sanitario es un método completo y definitivo dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la compostación.

- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca como la existencia de lugares disponibles lo facilite, reduciendo los costos de transporte.
- Recupera terrenos antes considerados como improductivos o marginales tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, etc.
- Un Relleno Sanitario puede comenzar a funcionar en un plazo de tiempo relativamente corto, como método de eliminación. Se considera flexible, al no precisar de instalaciones permanentes y fijas; y recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

1.5 DESVENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO

- La adquisición de un terreno se constituye en la primera barrera para la construcción de un RS, por la oposición que encuentra en el público, ocasionada en general por factores como:
 - La falta de conocimiento sobre la técnica del RS, o
 - Por una evidente desconfianza en las administraciones locales.
- Supervisar constantemente la construcción para mantener un alto nivel de operaciones, pues éstas deben ser inspeccionadas por un funcionario responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, para evitar fallas futuras.
- Existe un alto riesgo, sobre todo en países como el nuestro, por la carencia de voluntad político-administrativa, para evitar transformarlo en botadero a cielo abierto, por la renuencia a invertir los dineros necesarios para su buen mantenimiento.
- Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- Los asentamientos del Relleno dificultan el uso del terreno en los primeros años. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del Relleno, de la naturaleza del material que lo conforma, del grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona.

1.6 EL RELLENO SANITARIO MANUAL -RSM-

El Relleno Sanitario Manual se presenta como una alternativa técnica y económica para las poblaciones menores de 40.000 habitantes.

Bajo la técnica de la operación manual sólo se requiere equipo pesado en la

adecuación del sitio y en la construcción de vías internas o excavación de material de cobertura, de acuerdo con el avance y tipo de relleno.

En cuanto a los demás trabajos, todos pueden realizarse manualmente, lo cual permite no sólo que estas poblaciones que carecen de capacidad económica, para adquirir y mantener equipos pesados permanentes, puedan disponer adecuadamente sus basuras, que sin duda alguna son una fuente enorme de contaminación ambiental, sino también utilizar la mano de obra, dado que en países como el nuestro se sufre de un agobiante desempleo.

Se estima que es posible llevar a cabo un RSM hasta llegar a la cantidad de 20 toneladas por día. Sin embargo, se precisa de un análisis juicioso de las condiciones locales de cada región, puesto que por el costo de la mano de obra, tipo de relleno, condiciones climáticas, etc., sea preferible el uso de equipo pesado, ya sea en forma parcial o permanente en el Relleno Sanitario.

Es de anotar, que como resultado de otras experiencias, se hace indispensable la utilización de estos equipos cuando la producción de desechos sólidos diarios es de 40 o más toneladas.

El Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia, está impulsando en estas poblaciones, la utilización del sistema Tractor Agrícola y Remolque sin compactación, o Tractor Agrícola y cajas compactadoras para prestar el servicio de recolección y transporte de las basuras en las áreas urbanas de estos Municipios. El Tractor puede operar como unidad independiente y emplearse en el Relleno Sanitario, con la adaptación de accesorios, tales como: cuchilla topadora, cargador frontal, retroexcavadora y rodillo compactador. De este modo se dispondría de un equipo más versátil, lo cual traería beneficios para todo el sistema de aseo urbano, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

1.7 METODOS DE RELLENO SANITARIO

La topografía del terreno escogido determina el método de operación a seguir en el RS, y siempre que sea posible debe mejorar sus condiciones iniciales.

En general existen tres maneras distintas:

1.7.1 Método de trinchera o zanja

Se utiliza en regiones planas y consiste en excavar zanjas de dos o tres metros de profundidad. La tierra que se extrae se emplea como cobertura (Fig. 1.3).

- Sociales:

Fomentados por el alto índice de desempleo, obligando a que algunas personas vivan de la selección y recuperación de subproductos de los desechos en los basureros, confundiendo entre los animales en un total estado de insalubridad y degradación del ser humano, no comparable con otra actividad, convirtiéndose además en vectores o portadores de enfermedades infecto-contagiosas, amén de las lesiones corporales recibidas, debido a heridas por objetos tales como: botellas rotas, latas, etc.

- Económicas:

Por la desvalorización que sufre el sitio y los terrenos aledaños, mientras se está depositando la basura.

- Ecológicos - Ambientales:

Un botadero al aire libre ocasiona la contaminación del suelo, el aire y el agua, y ni pensar del deterioro de los ríos y quebradas cuando reciben directamente estos desechos sólidos (Fig. 1.2).



Figura 1.2 Abandono de los desechos sólidos a cielo abierto y la contaminación del medio ambiente.

- Estéticos:

Por el abandono de las basuras alterando notablemente el paisaje con sus quemadas, humos y gallinazos, causando un impacto negativo a los sentidos de la vista, y el olfato con los malos olores.

1.3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE UN RELLENO SANITARIO

Se considera oportuno resaltar algunos principios básicos:

- Supervisión constante, mientras se está vaciando, recubriendo la basura y compactando la celda, conservando el Relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable por su mantenimiento.
- La altura de la celda - es otro factor importante a tener en cuenta, se recomienda para el RSM una altura de 1.0 m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario - con una capa de 10 a 20 cm de tierra o material similar.
- La compactación de los desechos sólidos en capas de 20 a 30 cm, y finalmente cuando se cubra con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte, el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad en el sitio. Una regla sencilla indica que a mayor densidad tanto mejor, desde el punto de vista económico y ambiental.
- El cubrimiento final de unos 60 a 100 cm de espesor, lleva las mismas funciones de la cobertura diaria, además de estar en capacidad de sostener vegetación, para lograr una mejor integración al ambiente natural.

1.4 VENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO

- El Relleno Sanitario como único método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es la alternativa más económica. Sin embargo, es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción y operación.
- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar los métodos de tratamiento como incineración o compostación.
- Un Relleno Sanitario es un método completo y definitivo dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en la compostación.

- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca como la existencia de lugares disponibles lo facilite, reduciendo los costos de transporte.
- Recupera terrenos antes considerados como improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, etc.
- Un Relleno Sanitario puede comenzar a funcionar en un plazo de tiempo relativamente corto, como método de eliminación. Se considera flexible, al no precisar de instalaciones permanentes y fijas; y recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

1.5 DESVENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO

- La adquisición de un terreno se constituye en la primera barrera para la construcción de un RS, por la oposición que encuentra en el público, ocasionada en general por factores como:
 - La falta de conocimiento sobre la técnica del RS, o
 - Por una evidente desconfianza en las administraciones locales.
- Supervisar constantemente la construcción para mantener un alto nivel de operaciones, pues éstas deben ser inspeccionadas por un funcionario responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, para evitar fallas futuras.
- Existe un alto riesgo, sobre todo en países como el nuestro, por la carencia de voluntad político-administrativa, para evitar transformarlo en botadero a cielo abierto, por la renuencia a invertir los dineros necesarios para su buen mantenimiento.
- Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.
- Los asentamientos del Relleno dificultan el uso del terreno en los primeros años. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del Relleno, de la naturaleza del material que lo conforma, del grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona.

1.6 EL RELLENO SANITARIO MANUAL -RSM-

El Relleno Sanitario Manual se presenta como una alternativa técnica y económica para las poblaciones menores de 40.000 habitantes.

Bajo la técnica de la operación manual sólo se requiere equipo pesado en la

adecuación del sitio y en la construcción de vías internas o excavación de material de cobertura, de acuerdo con el avance y tipo de relleno.

En cuanto a los demás trabajos, todos pueden realizarse manualmente, lo cual permite no sólo que estas poblaciones que carecen de capacidad económica, para adquirir y mantener equipos pesados permanentes, puedan disponer adecuadamente sus basuras, que sin duda alguna son una fuente enorme de contaminación ambiental, sino también utilizar la mano de obra, dado que en países como el nuestro se sufre de un agobiante desempleo.

Se estima que es posible llevar a cabo un RSM hasta llegar a la cantidad de 20 toneladas por día. Sin embargo, se precisa de un análisis juicioso de las condiciones locales de cada región, puesto que por el costo de la mano de obra, tipo de relleno, condiciones climáticas, etc., sea preferible el uso de equipo pesado, ya sea en forma parcial o permanente en el Relleno Sanitario.

Es de anotar, que como resultado de otras experiencias, se hace indispensable la utilización de estos equipos cuando la producción de desechos sólidos diaria es de 40 o más toneladas.

El Departamento Administrativo de Planeación de Antioquia, está impulsando en estas poblaciones, la utilización del sistema Tractor Agrícola y Remolque sin compactación, o Tractor Agrícola y cajas compactadoras para prestar el servicio de recolección y transporte de las basuras en las áreas urbanas de estos Municipios. El Tractor puede operar como unidad independiente y emplearse en el Relleno Sanitario, con la adaptación de accesorios, tales como: cuchilla topadora, cargador frontal, retroexcavadora y rodillo compactador. De este modo se dispondría de un equipo más versátil, lo cual traería beneficios para todo el sistema de aseo urbano, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

1.7 METODOS DE RELLENO SANITARIO

La topografía del terreno escogido determina el método de operación a seguir en el RS, y siempre que sea posible debe mejorar sus condiciones iniciales.

En general existen tres maneras distintas:

1.7.1 Método de trinchera o zanja

Se utiliza en regiones planas y consiste en excavar zanjas de dos o tres metros de profundidad. La tierra que se extrae se emplea como cobertura (Fig. 1.3).

Entonces las dimensiones serán:

$$l = 52 \text{ m}, \quad a = 5 \text{ m}, \quad h = 2 \text{ m}$$

El ancho de la zanja, limitado a 5 m, es conveniente para la operación manual, puesto que, así se puede prever la acumulación del material sobre un lado y la descarga de los desechos por el otro, garantizando cortas distancias de acarreo.

Vale la pena mencionar que el método de la zanja se puede combinar con el método de construcción sobre el nivel del terreno original, y aprovechar el material de cobertura sobrante de la excavación. Si para el caso anterior se eleva el nivel tres metros más, se obtendría una vida útil adicional de 40 días, o sea un total de 70 días.

1.7.2 Método de área:

Se emplea para llenar depresiones naturales de algunos metros de profundidad. El material de cobertura puede ser excavado de los taludes del terreno, o en su defecto, debe estar lo más cerca posible para evitar largos acarrees. La operación de descargue y cubrimiento de la basura debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (Figs. 1.4 - 1.5).

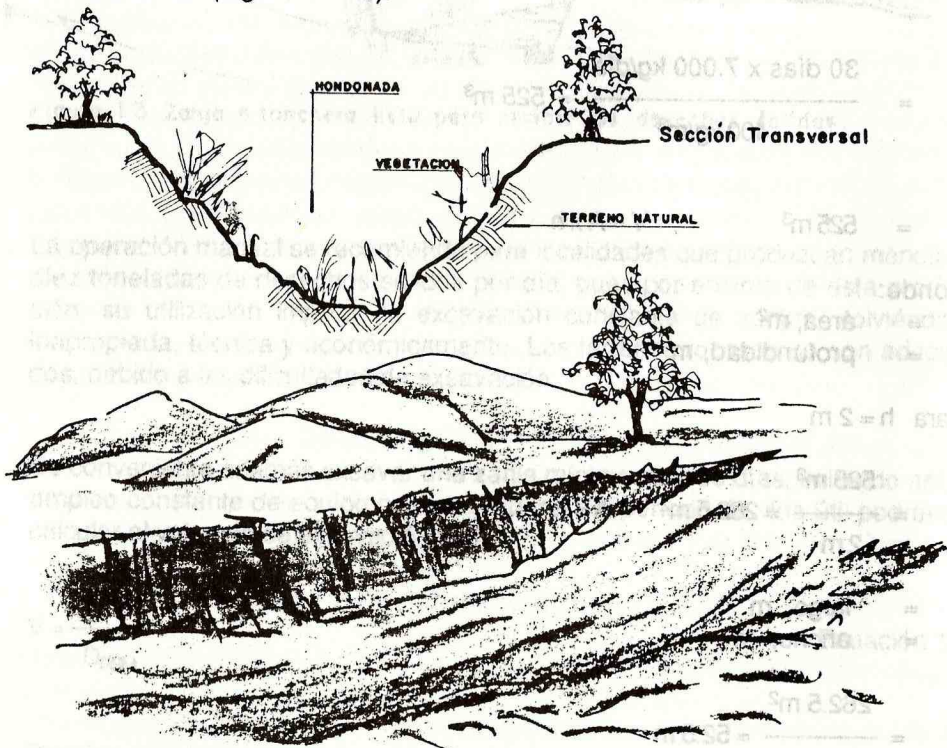


Figura 1.4 Depresión natural del terreno.

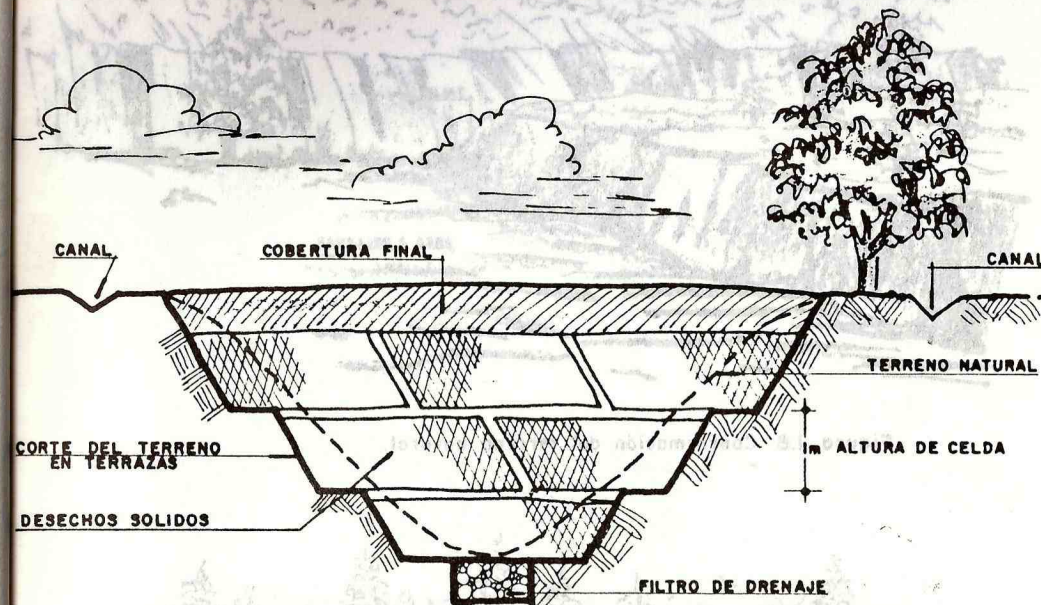


Figura 1.5 Corte transversal de la configuración final del terreno.

El terreno escogido para la construcción del Relleno Sanitario Manual debe procurar una vida útil no menor de cinco años en lo posible, para que los costos de adecuación y obras de infraestructura sean justificadas y además que garantice suficiente material de cobertura.

1.7.3 Método de pendiente o rampa:

Es adecuado en terrenos ondulados. Se usa una pendiente natural o se construye una rampa, se vacía la basura en el fondo de la rampa, se extiende y apisona contra el talud, y se continúa la operación avanzando sobre el terreno conservando la pendiente (Figs. 1.6 - 1.7).

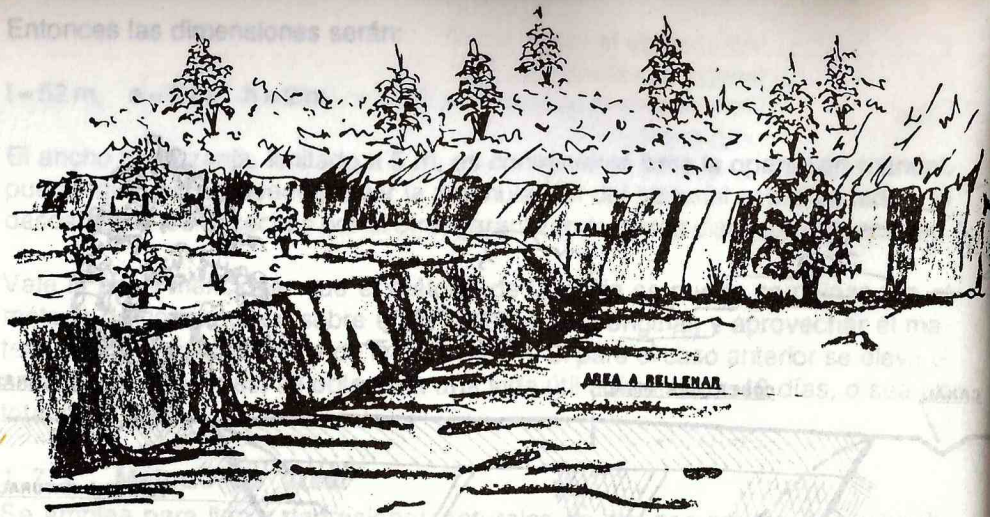


Figura 1.6 Conformación del terreno natural.

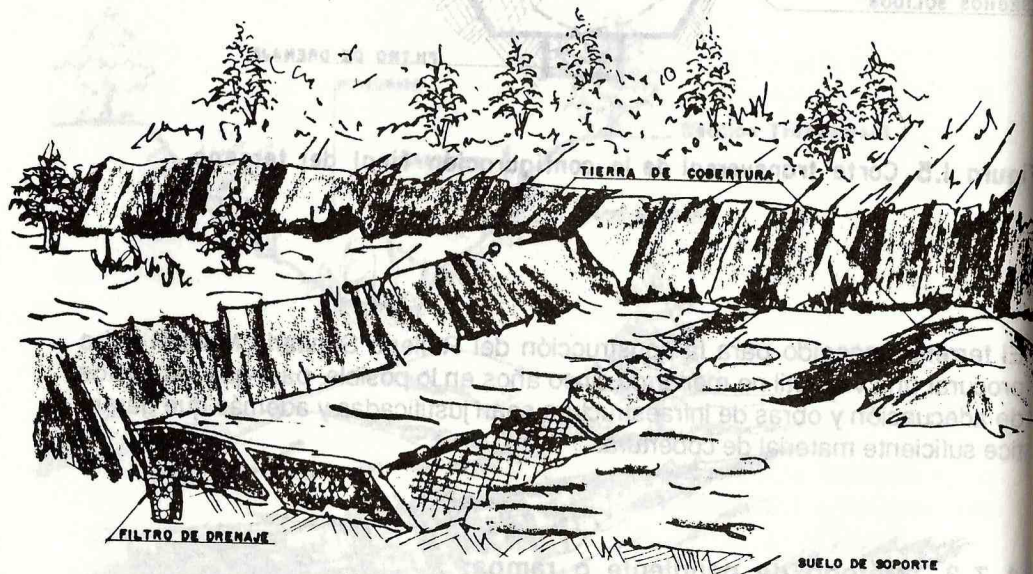


Figura 1.7 Construcción del relleno sanitario en pendiente.

También es posible la combinación de los diferentes métodos de construcción del Relleno Sanitario.

PASOS PARA LA CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL



Figura 2.7 Construcción de drenaje periférico.



Figura 2.8 Preparación del suelo de soporte.

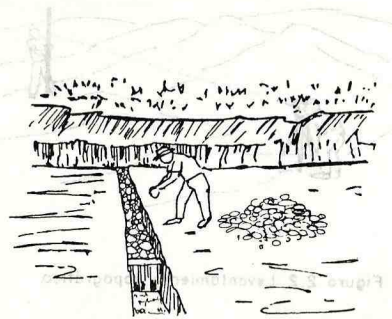


Figura 2.9 Construcción de drenajes internos.

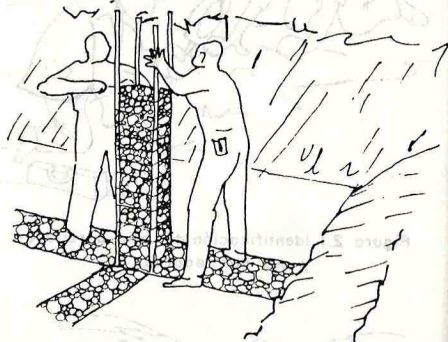


Figura 2.10 Construcción del filtro de gases.

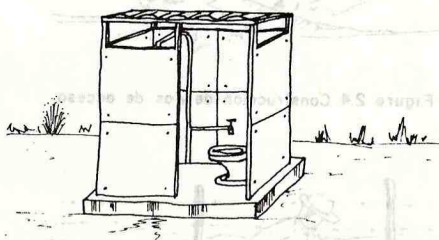


Figura 2.11 Construcción de las instalaciones sanitarias. (Unisafa)

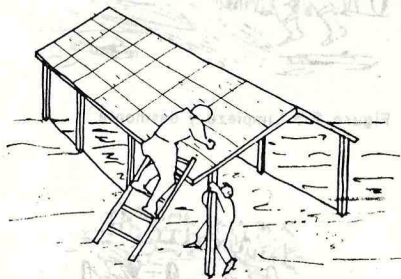


Figura 2.12 Construcción de la caseta o porteria.

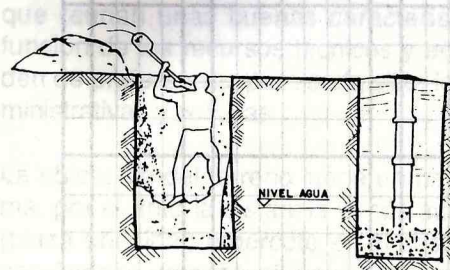


Figura 2.13 Excavación de pozos de monitoreo.



Figura 2.14 Construcción y pintura de la valla.

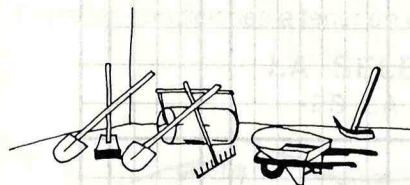


Figura 2.15 Adquisición de herramientas.

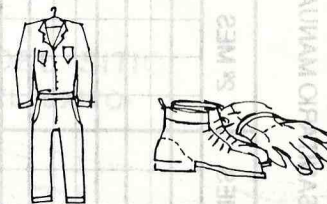


Figura 2.16 Adquisición de elementos de protección de los trabajadores.

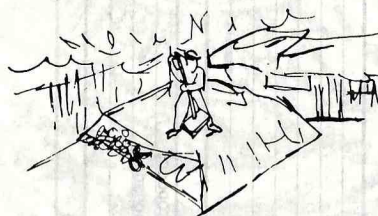


Figura 2.17 Inicio de la operación del relleno.



Figura 2.18 Clausura del botadero municipal.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES
RELLENO SANITARIO MANUAL

TABLA 2.1

ACTIVIDADES	1º MES	2º MES	3º MES	4º MES	5º MES	6º MES
- Identificación del sitio a Rellenar y sus Alrededores						
• Levantamiento Topográfico						
• Limpieza y Desmonte						
- Infraestructura Periférica						
• Vías de Acceso						
• Drenaje Pluvial						
• Desvío y Aislamiento de eventuales cursos de agua						
- Infraestructura del Relleno						
• Cortes						
• Preparación del suelo de soporte						
• Drenaje de Líquido Percolado						
• Drenaje de Gases						
• Acceso Interno						
• Drenaje Pluvial Interno						
- Construcciones Auxiliares						
• Cerca Perimetral						
• Arborización Perimetral						
• Caseta o Portería						
• Valla						
• Ramada						
• Instalaciones Sanitarias						
• Pozo de Monitoreo						
- Clausura Botadero(s)						
• Exterminio de roedores y artrópodos						
• Cubrimiento con tierra y apisonado						
• Cercado						
• Avisos						
- Inicio de Operación del Relleno						

2.1 SELECCION DEL SITIO

Las condiciones ideales del sitio para la construcción de un Relleno Sanitario rara vez se encuentran en un terreno; por lo tanto se deben clasificar aquellos que reúnan unas buenas características, analizando sus inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles. Establecido un orden de preferencias para cada sitio, la selección final dependerá de razones administrativas y políticas.

La ubicación del terreno juega un papel importante en la explotación del sistema, por cuanto la distancia y más aún el tiempo al centro de gravedad urbano (plaza principal) repercute en el costo de transporte de los desechos sólidos, debiéndose buscar el uso económico de los vehículos recolectores. Es de anotar que no existen reglas fijas, mucho dependerá de la disponibilidad de terrenos, de su topografía, la duración probable de la operación del Relleno, del número de establecimientos vecinos y la dirección predominante del viento. Se estima que los límites de un Relleno, por lo general deben estar trazados a una distancia no menor de 200 metros del área residencial más cercana.

Entre las condiciones a tener en cuenta están:

LA SELECCION DEL SITIO
-ES LA CLAVE DEL EXITO-

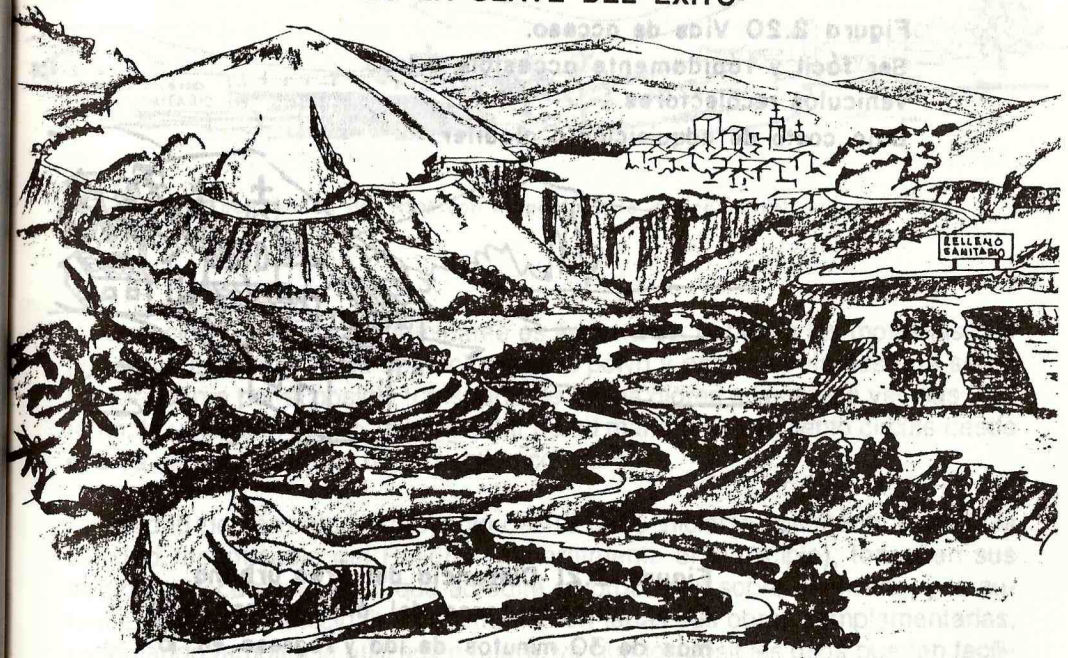


Figura 2.19 Localización

- Tener condiciones propias que protejan los recursos naturales, la vida animal y la vegetación en sus cercanías. No debe existir posibilidad de contaminar aguas.
- Estar localizado de modo que el RS no sea rechazado por la población.

¡LA SELECCION DEL SITIO ES TAN O MAS IMPORTANTE PARA LAS POBLACIONES PEQUEÑAS!



Figura 2.20 Vías de acceso.

Ser fácil y rápidamente accesible a los vehículos recolectores.

Bajo costo de adquisición o alquiler.

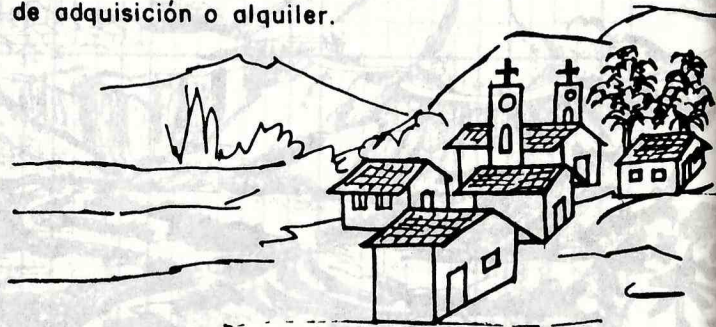


Figura 2.21 Distancia del área urbana.

Estar ubicado cerca del área urbana, a no más de 30 minutos de ida y regreso en lo posible.

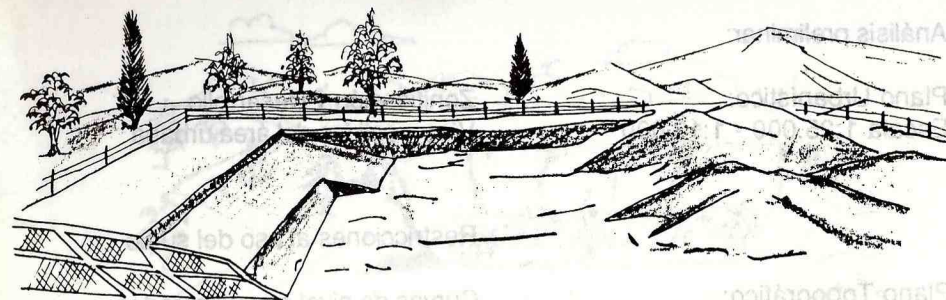


Figura 2.22 Capacidad del terreno.

Permitir su utilización por largo plazo, superior a 5 años, para que la vida útil sea compatible con la infraestructura.

Importante:

Debe procurarse ser autosuficiente en tierra fácil de excavar necesaria para su construcción. (Material de cobertura.)

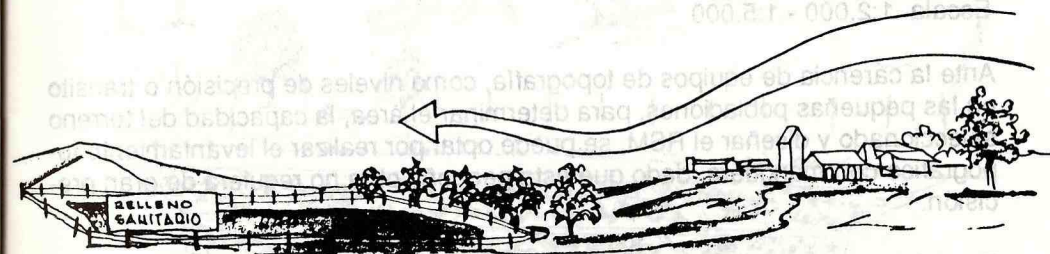


Figura 2.23 Localización del RSM con respecto a la dirección del viento.

La dirección del viento predominante es importante, debido a las molestias que puede causar tanto en la operación por el polvo y papeles volantes que se levantan, como por el posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Por tanto, la ubicación del RS deberá estar de tal manera que el viento circule desde el área urbana hacia él y no en sentido contrario.

Propiedad del terreno: Un proyecto de RS debe iniciarse solamente cuando la Entidad responsable del Relleno (generalmente el Municipio), tenga en sus manos el documento legal que acredite su propiedad sobre el terreno, y la autorice (Acuerdo Municipal) a construirlo con todas sus obras complementarias, estipulando también la utilización futura, ya que los posibles usos pueden facilitarle algún desarrollo como área recreativa o zona de reforestación por ejemplo.

2.2 METODOLOGIA

Análisis preliminar:

Plano Urbanístico:
Escala 1:25.000 - 1:10.000

Zonificación y Desarrollo
Vías y salidas del área urbana

Restricciones al uso del suelo

Plano Topográfico:
Escala 1:250 - 1:500

Curvas de nivel c/m y acotados
c/5m
Red hídrica
Restricciones y puntos de referencia.

Guía para investigación en campo:

Plano:
Escala 1:2.000 - 1:5.000

Ante la carencia de equipos de topografía, como niveles de precisión o tránsito en las pequeñas poblaciones, para determinar el área, la capacidad del terreno seleccionado y diseñar el RSM, se puede optar por realizar el levantamiento topográfico con manguera, dado que esta pequeña obra no requiera de gran precisión.

En el Anexo III se ilustra la manera de cómo llevar a cabo un levantamiento topográfico con manguera.

2.3 USO FUTURO DEL RELLENO SANITARIO

En todo proyecto de construcción de un Relleno Sanitario se debe tener en mente, su utilización futura más probable.

El RS se debe integrar perfectamente al ambiente natural, adecuándose al uso futuro. No sólo la superficie final del Relleno, sino también la entrada y el contorno de la obra en ejecución, merecen consideraciones paisajísticas.

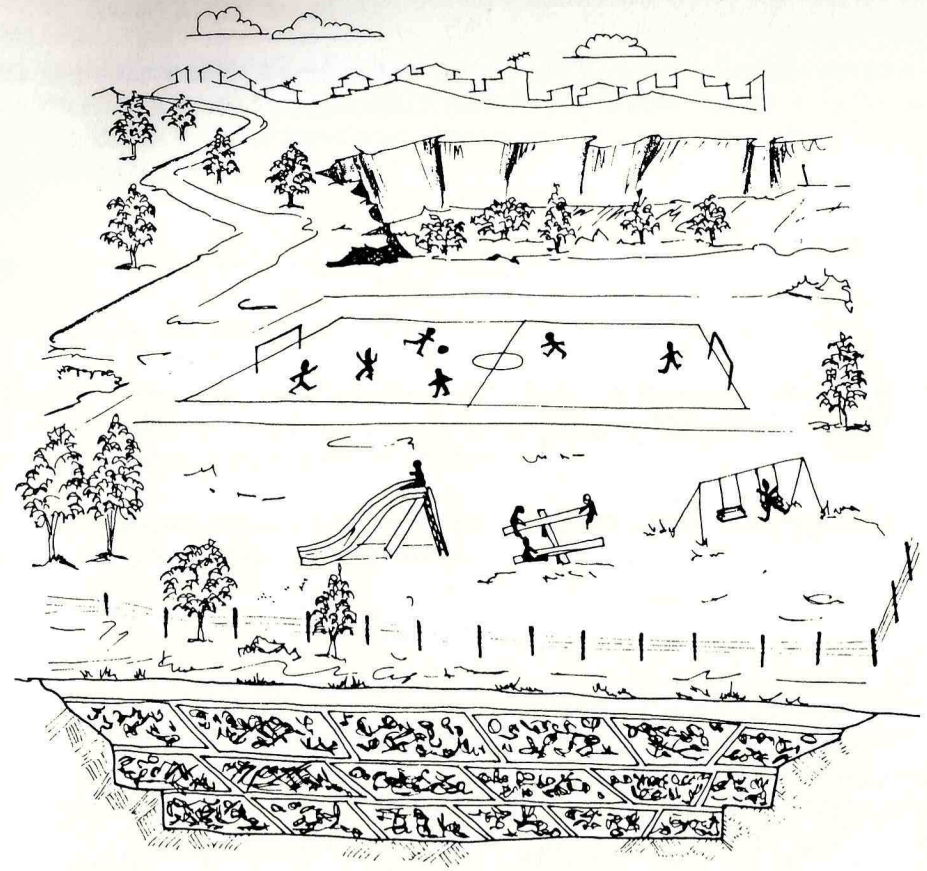


Figura 2.24 Campo recreativo.

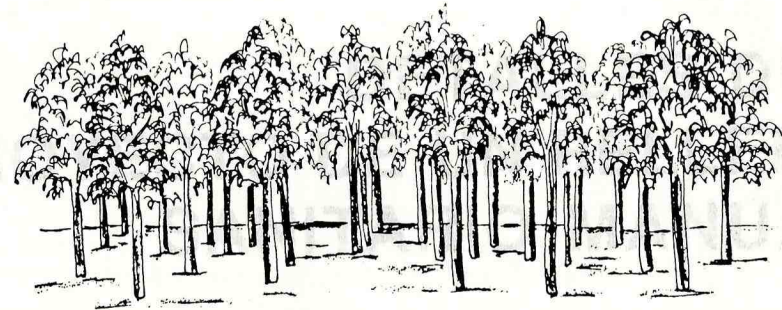


Figura 2.25 Bosque artificial, vivero, zona de pastoreo.

2.2 METODOLOGIA

Análisis preliminar

Plano Urbanístico

Escala 1:25 000 - 10 000



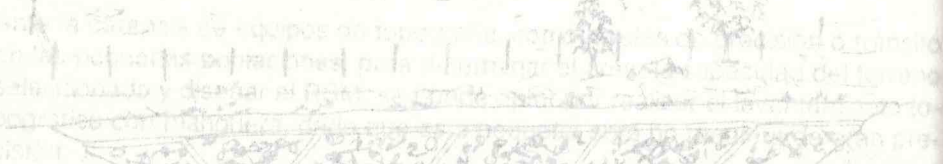
Plano de zonificación

Escala 1:250 - 1:1000



Quinta para recreación en campo

Plano de recreación
Escala 1:2 000 - 1:3 000



Plano de drenaje

Escala 1:250 - 1:500

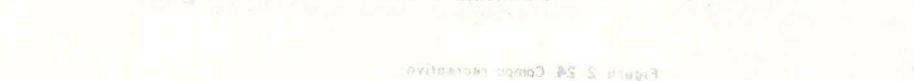


Figura 5.54 Campo recreativo

2.3 BORDA SANITARIO DEL RELLENO SANITARIO



Figura 5.55 Borda sanitaria, zona de protección

3.0 DETALLES DEL PROYECTO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

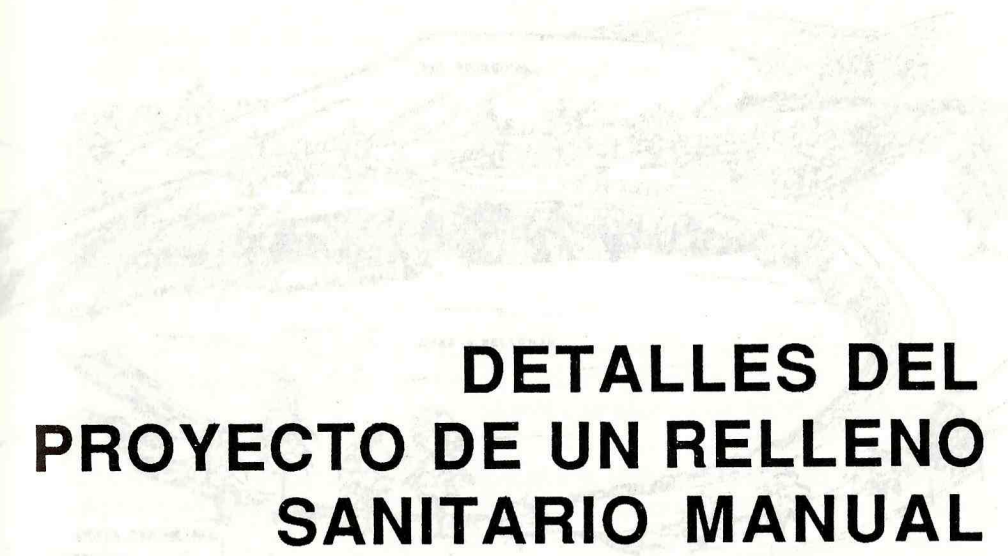
Esta etapa comprende los proyectos de ingeniería, planos y detalles de construcción en función de la capacidad y capacidad de las obras manuales en este tipo de obras, dadas las características geológicas, topográficas y climáticas propias de cada zona.

3.1 TIERRA ESTRUCTURA PERFORACION

3.1.1 Vías de acceso

Al Relleño Sanitario se debe llegar por una vía sencilla de acceso directa, que sea en la posición de perpendicularidad y de condiciones de drenaje, a través de la estructura y estructura en concreto.

Para asegurar los caminos de acceso de trabajo, se adopta una pequeña calzada en el punto de acceso, con una estructura de concreto.



DETALLES DEL PROYECTO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

DETALLES DEL
PROYECTO DE UN RELLENO
SANITARIO MANUAL

3

3.0 DETALLES DEL PROYECTO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

Esta etapa comprende los proyectos de Ingeniería, paisaje y detalles de construcción en función de la simplicidad y rapidez que se debe buscar en este tipo de obras, dadas las circunstancias que los gobiernan, tratando de cumplir al máximo con los requisitos sanitarios.

3.1 INFRAESTRUCTURA PERIFERICA

3.1.1 Vías de acceso

Al Relleno Sanitario se debe llegar por una buena vía de acceso pública, que sea en lo posible de permanente uso y de condiciones aceptables de diseño, aunque sea construida y mantenida en afirmado.

Para entregar los desechos en el frente de trabajo, se acepta una pequeña carretera en simple afirmado con sus drenajes.

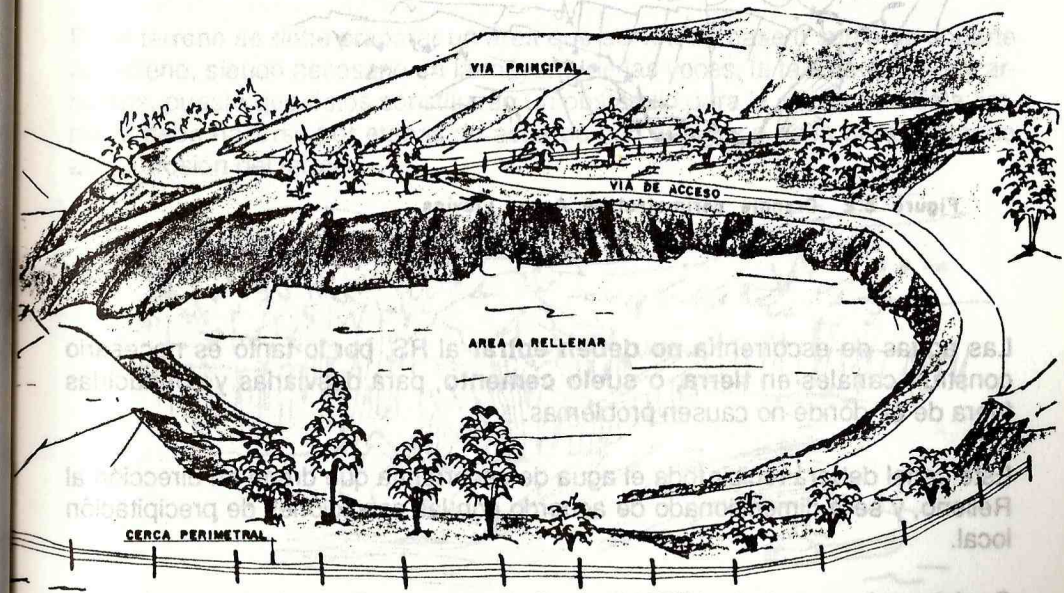


Figura 3.1 Obras necesarias en la periferia del terreno.

3.1.2 Drenaje de aguas lluvias

Las aguas lluvias que caen sobre las áreas vecinas al Relleno Sanitario, muchas veces escurren hasta él, causando serias dificultades de operación. La manera más adecuada de evitar su ingreso es construyendo un canal perimetral en todo su entorno.

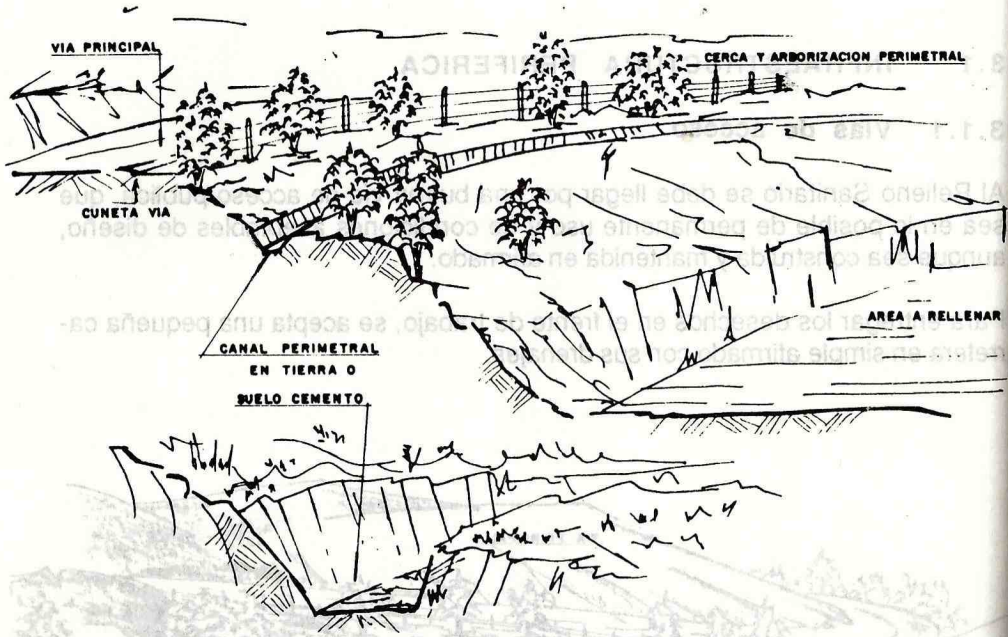


Figura 3.2 Drenaje perimetral de Aguas Lluvias.

Las aguas de escorrentía no deben entrar al RS, por lo tanto es necesario construir canales en tierra, o suelo cemento, para desviarlas y conducir las fuera de él, donde no causen problemas.

Este canal deberá recibir toda el agua de escorrentía que drene en dirección al Relleno, y será dimensionado de acuerdo con las condiciones de precipitación local.

Se debe evitar construir el RSM "sobre" alguna pequeña corriente o nacimiento de agua, así puedan ser canalizadas o entubadas.

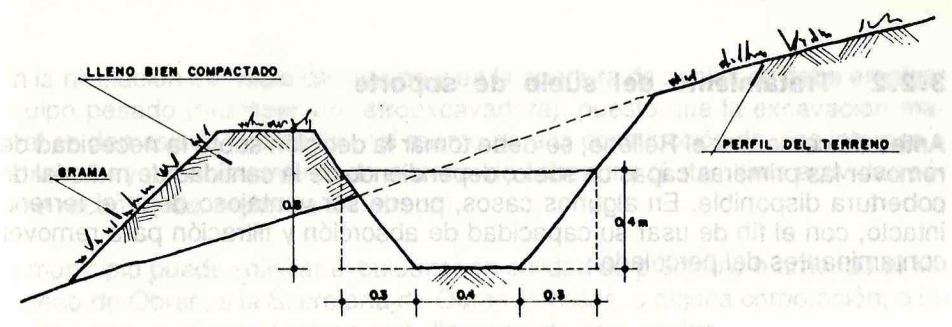


Figura 3.3 Sección transversal del canal

Vale la pena mencionar que las dimensiones del canal de la figura 3.3 han sido suficientes para evacuar la escorrentía en el RSM El Chagualo, cuya precipitación en la zona es alta, según los registros de lluvia anuales del HIMAT, hasta de 2.449 mm, con un promedio multianual de 2.000 mm en los últimos diez años.

3.2 OBRAS NECESARIAS PARA ADECUAR EL TERRENO

La adecuación del terreno es importante para mejorar sus condiciones y facilitar las operaciones del ingreso de los desechos sólidos y la construcción de las celdas. Por lo tanto se deben realizar los siguientes trabajos:

3.2.1 Limpieza y desmonte

En el terreno se debe preparar un área que servirá de base o suelo de soporte al Relleno, siendo necesario en la mayoría de las veces, la tala de árboles y arbustos, puesto que éstos constituirán un obstáculo para la operación. Esta limpieza debe hacerse por etapas de acuerdo con el avance de la obra, evitando así la erosión del terreno.



Figura 3.4 Limpieza y desmonte del terreno.

3.2.2 Tratamiento del suelo de soporte

Antes de comenzar el Relleno, se debe tomar la decisión sobre la necesidad de remover las primeras capas de suelo, dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. En algunos casos, puede ser ventajoso dejar el terreno intacto, con el fin de usar su capacidad de absorción y filtración para remover contaminantes del percolado.

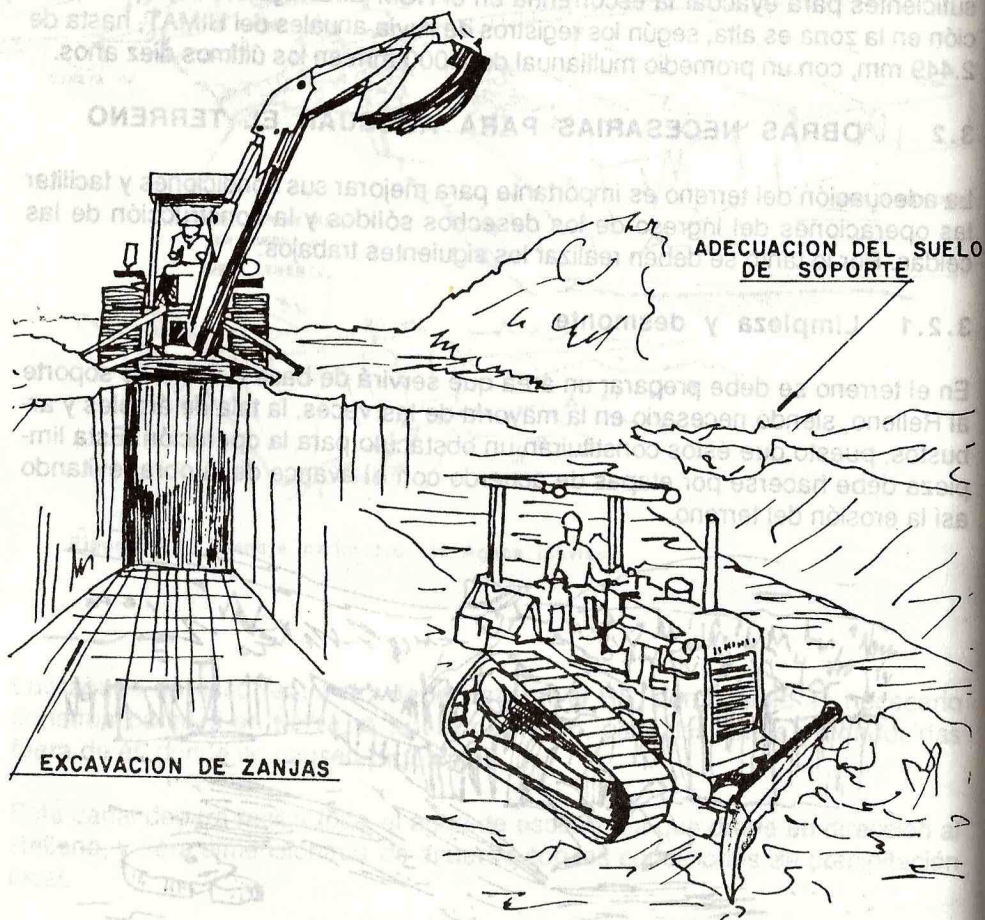


Figura 3.5 Movimiento de tierra.

En la nivelación del suelo de soporte y en la apertura de zanjas se debe emplear equipo pesado (buldozer y/o retroexcavadora), puesto que la excavación manual es demasiado ineficiente. Así mismo para la construcción de vías internas o extracción y almacenamiento de material de cobertura. (Esta última actividad sólo se recomienda en época de verano).

El municipio puede solicitar el buldozer en calidad de préstamo o arriendo al Ministerio de Obras, a la Secretaría de Obras Públicas, a alguna corporación, o incluso a otro municipio cercano que disponga de este equipo.

Una modalidad de préstamo puede ser el compromiso del municipio para sufragar los costos de combustible del equipo y operador (salario y alimentación) por los días que sean necesarios. En general, para esta pequeña obra no pasarán de cinco días, puesto que la construcción del Relleno Sanitario Manual se debe concebir por etapas.

3.2.3 Cortes

Los taludes del terreno se dejarán de tal manera que no causen erosión y puedan darle buena estabilidad al Relleno. Estos podrán ser 1:1, 2:1, 3:1 (h: v) dependiendo de tipo del suelo, y los cortes se harán en terrazas de uno a dos metros. El nivel del terreno debe tener una pendiente negativa del 2% hacia los taludes, para conducir las aguas de lixiviado a los filtros y evitar encharcamientos; lo anterior contribuye también a brindar mayor estabilidad a la obra (Fig. 3.6).

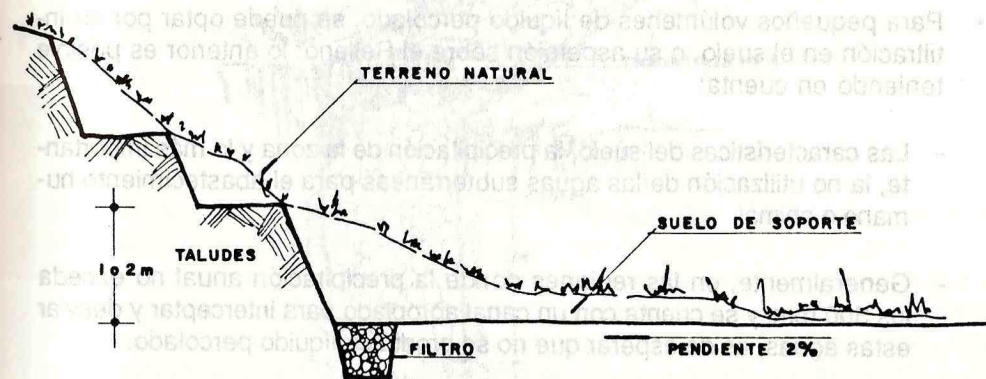


Figura 3.6 Corte de los taludes y del suelo de soporte.

3.3 DRENAJE LIQUIDO PERCOLADO

La descomposición de los desechos sólidos produce un líquido maloliente de color negro, muy parecido a las aguas residuales domésticas (aguas negras), pero mucho más concentrado. Este líquido es conocido como lixiviado o percolado, y es producido naturalmente durante la putrefacción de la basura. De otro lado, las aguas lluvias que caen sobre el Relleno, aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos.

Cuando el volumen de ese líquido aumenta demasiado, puede causar problemas en la operación del Relleno, contaminar las corrientes de agua, nacimientos y pozos vecinos. Por lo tanto, es necesario almacenarlo dentro del Relleno o controlar su retiro.

Como medidas de protección del agua superficial y subterránea se deben incluir:

- El RSM se debe construir a una altura mínima de 1.0 - 2.0 m (depende de las características del suelo), entre la parte inferior del Relleno y el nivel del agua subterránea.
- Desviar y canalizar los pequeños hilos de agua antes de iniciar la operación del Relleno. Además de interferir negativamente en la operación, su paso por la masa de basura contribuirá al incremento del volumen del líquido percolado.
- Interceptar y desviar el escurrimiento superficial, fuera del Relleno.
- Para pequeños volúmenes de líquido percolado, se puede optar por su infiltración en el suelo, o su aspersión sobre el Relleno; lo anterior es posible teniendo en cuenta:
 - Las características del suelo, la precipitación de la zona y lo más importante, la no utilización de las aguas subterráneas para el abastecimiento humano o animal.
 - Generalmente, en las regiones donde la precipitación anual no exceda los 300 mm, y se cuenta con un canal apropiado para interceptar y desviar estas aguas, es de esperar que no se produzca líquido percolado.
 - No obstante se deben construir en el suelo que le sirve de base al RSM, drenajes en piedra (filtros ciegos) y canales de 10 a 15 cm de profundidad sobre las celdas de residuos, llenos de piedra o material triturado. Con lo

anterior se retiene y propicia una mayor infiltración del líquido que se pueda producir, impidiendo su aparición a nivel superficial y evitando así su tratamiento, el cual es demasiado costoso y engorroso.

- También se recomienda la construcción de estos drenajes en la pata de los taludes de las plataformas que conforman el Relleno Sanitario. Estos drenajes pueden ser construidos mediante la excavación manual y en lo posible estar interconectados. Para que este líquido escurra por los drenajes, éstos deben tener una inclinación (pendiente) de por lo menos 2% en el fondo.

- Construida la brecha para el drenaje horizontal en la base del Relleno, se procede a llenarla con piedras o material triturado. Sobre las piedras se recomienda colocar un material que permita la percolación de los líquidos y que retenga el material fino que pueda colmatar el drenaje. En el Relleno Sanitario Manual este efecto puede ser conseguido con ramas de helecho seco. (Fig. 3.7).

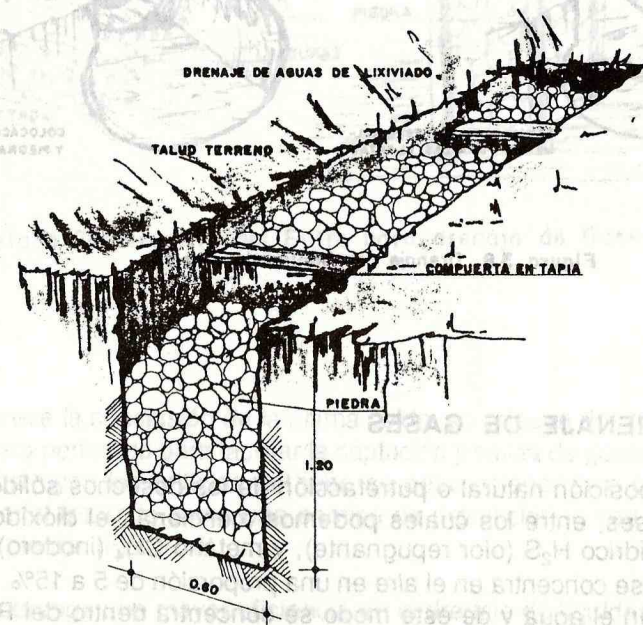


Figura 3.7 Filtro ciego con compuertas en tapia.

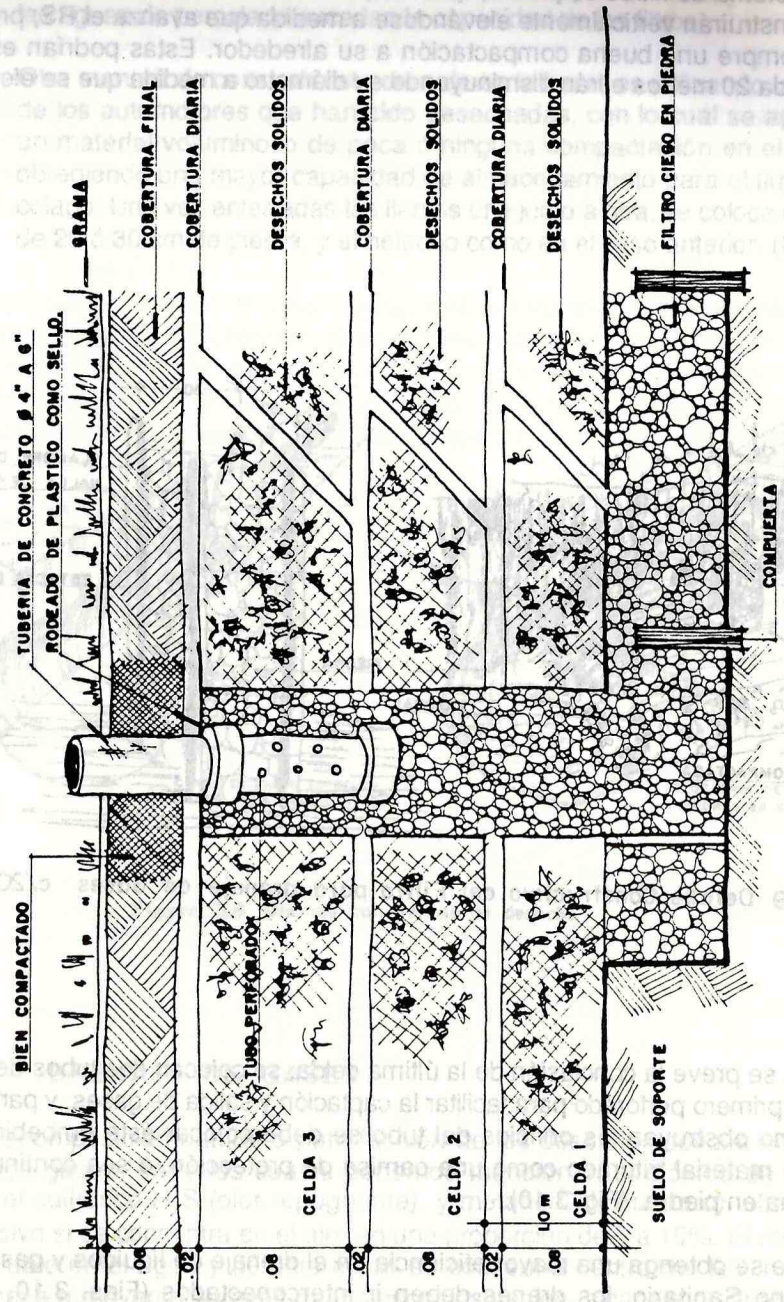


Figura 3.10 Interconexión de Filtros de drenaje de gases y percolado.

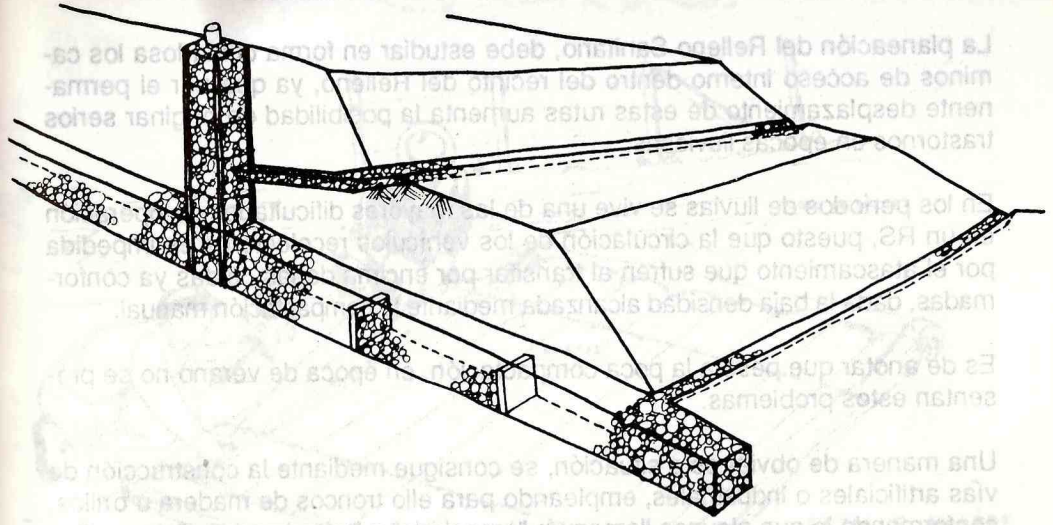


Figura 3.11 Interconexión de drenajes - Corte de plataformas.

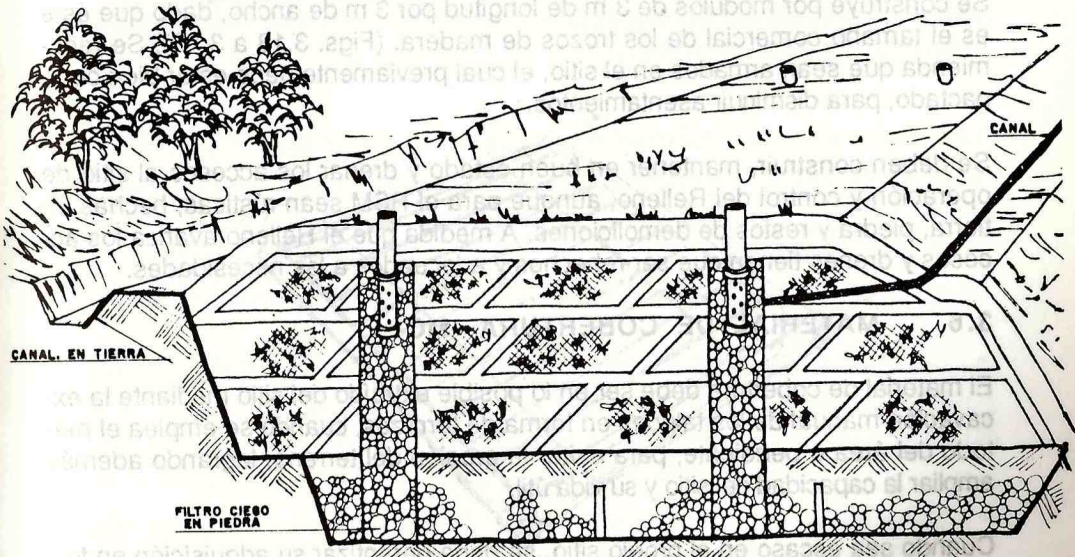


Figura 3.12 Vista de la distribución de los drenes de gases en el relleno sanitario.

3.5 ACCESOS Y DRENAJE PLUVIAL INTERNOS

La planeación del Relleno Sanitario, debe estudiar en forma cuidadosa los caminos de acceso interno dentro del recinto del Relleno, ya que por el permanente desplazamiento de estas rutas aumenta la posibilidad de originar serios trastornos en épocas lluviosas.

En los períodos de lluvias se vive una de las mayores dificultades de operación en un RS, puesto que la circulación de los vehículos recolectores es impedida por el atascamiento que sufren al transitar por encima de las celdas ya conformadas, dada la baja densidad alcanzada mediante la compactación manual.

Es de anotar que pese a la poca compactación, en época de verano no se presentan estos problemas.

Una manera de obviar esta situación, se consigue mediante la construcción de vías artificiales o industriales, empleando para ello troncos de madera u orillos, conformando lo que algunos llaman un "empalado" o "entarimado". Estos orillos deben ir unidos por medio de chipa o alambrcn de 1/8" de diámetro y el empalado, cubierto con material de recebo para evitar que los vehículos patinen sobre ellos. Este camino artificial se construye de acuerdo con el avance del Relleno y puede ser retirado para su reutilización. Se les debe procurar un buen drenaje, provisional en tierra.

Se construye por módulos de 3 m de longitud por 3 m de ancho, dado que éste es el tamaño comercial de los trozos de madera. (Figs. 3.13 a 3.15). Se recomienda que sean armados en el sitio, el cual previamente debe estar bien compactado, para disminuir asentamientos.

Se deben construir, mantener en buen estado y drenar los accesos al sitio de operación y control del Relleno, aunque para el RSM sean rústicas, hechas en tierra, piedra y restos de demoliciones. A medida que el Relleno avanza los accesos y drenes tienen que ser rehechos y adecuados a las necesidades.

3.6 MATERIAL DE COBERTURA -MC-

El material de cobertura debe ser en lo posible extraído del sitio mediante la excavación manual de los taludes en forma de terrazas, cuando se emplea el método del área o pendiente, para evitar la erosión del terreno, logrando además ampliar la capacidad del sitio y su vida útil.

Cuando sea escaso en el propio sitio, se debe garantizar su adquisición en forma permanente y suficiente, teniendo en cuenta su disponibilidad en lugares vecinos y los costos de acarreo. De lo contrario, es mejor descartar el lugar antes

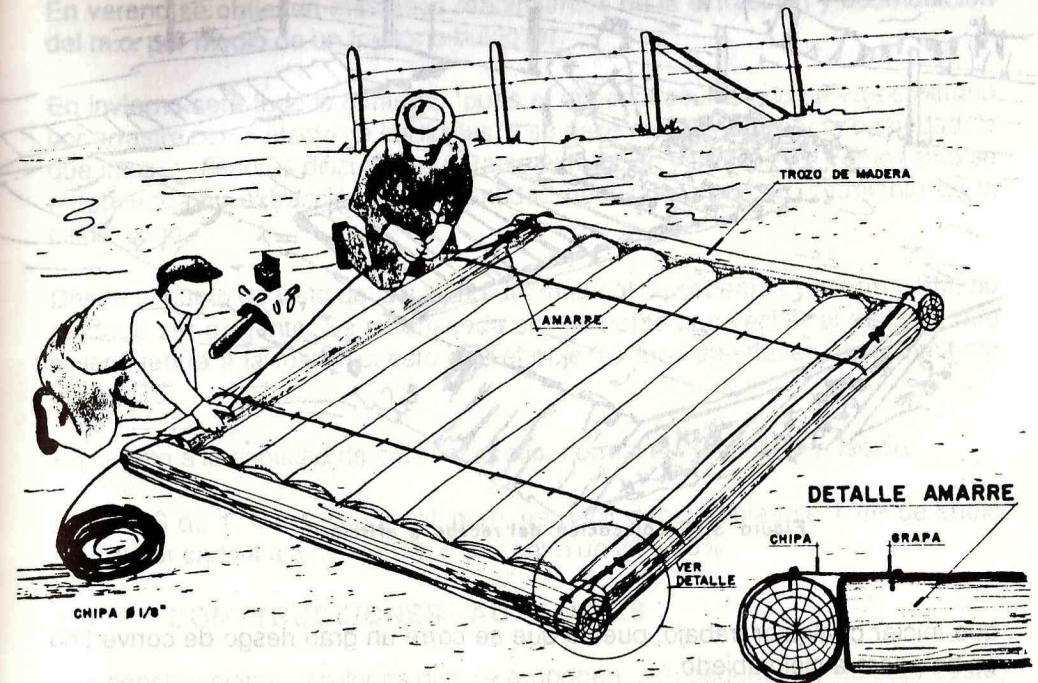


Figura 3.13 Construcción del módulo para el "empalado".

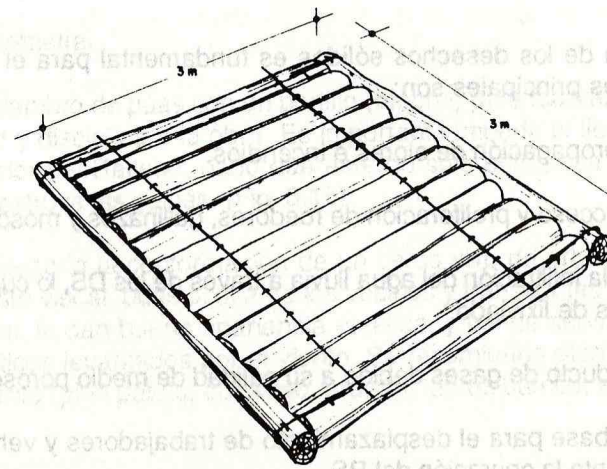


Figura 3.14 Módulo terminado.

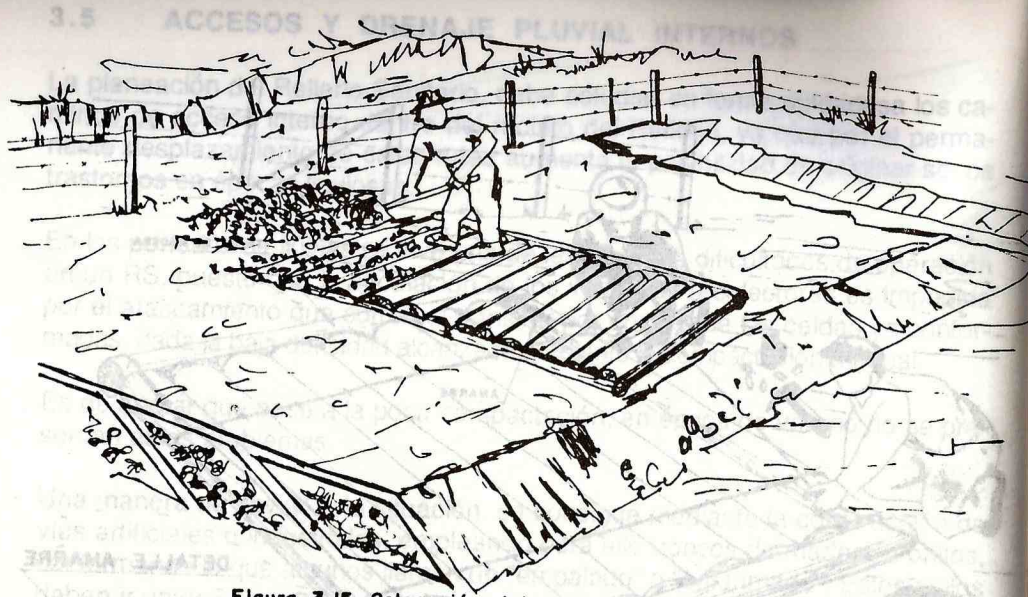


Figura 3.15 Colocación del recebo o afirmado.

que iniciar cualquier trabajo, puesto que se corre un gran riesgo de convertirlo en botadero a cielo abierto.

Cuando se trabaja con el método de la zanja o trinchera, el material de cobertura está prácticamente asegurado.

La cobertura de los desechos sólidos es fundamental para el éxito del RSM. Sus funciones principales son:

- Evitar la propagación de olores e incendios.
- Evitar el acceso y proliferación de roedores, gallinazos y moscas.
- Disminuir la infiltración del agua lluvia a través de los DS, lo cual disminuye las cantidades de lixiviado.
- Servir de ducto de gases debido a su calidad de medio poroso.
- Servir de base para el desplazamiento de trabajadores y vehículos recolectores durante la operación del RS.
- Dar una apariencia aceptable al RS.

- Permitir el crecimiento de vegetación.

En verano se obtienen más altos rendimientos en la extracción y acumulación del m.c. por medio de un tractor o buldozer.

En invierno será todo lo contrario, pues el material acumulado se va perdiendo por arrastre como efecto de las lluvias, y se hace más pesado por la humedad, lo que implica mayores dificultades para su extracción y transporte. Por lo tanto se recomienda su extracción, en la cantidad necesaria para el cubrimiento de la celda diaria.

Desde el punto de vista de la calidad del material de cobertura para un RSM, no se debe ser exigente. Se recomienda simplemente aprovechar el material que se encuentra a la mano, puesto que el objetivo fundamental es el cubrimiento de los DS.

En cuanto a la cantidad de m.c. necesario, normalmente está en relación:

m.c.: DS de 1: 4 a 1: 5 por volumen, es decir debe emplearse 1 m³ de suelo (tierra) por cada 4 a 5 m³ de DS, o sea entre un 20 a 25%.

3.7 CONSTRUCCIONES AUXILIARES

Las construcciones auxiliares que se proponen, son pequeñas y de bajo costo, tratando de hacerlas compatibles con la vida útil prevista (mínimo cinco años en lo posible), puesto que el Relleno va a ser operado utilizando mano de obra para las actividades locales, de modo que sean mínimas las inversiones temporales.

- Cerco perimetral

Una cerca de alambre de púas con un portillo (broche) para facilitar su identificación, seguridad y disciplina a la obra. Es importante impedir el libre acceso del ganado al interior del Relleno, dado que éste no sólo entorpece la operación, sino también destruye las celdas. (Fig. 3.16).

Es también necesaria la conformación de un cerco vivo de árboles y arbustos como aislamiento visual, pues oculta de los vecinos y transeúntes la vista de los residuos sólidos, le dan buena apariencia estética, y puede servir para retener papeles y plásticos levantados por el viento. Se recomienda plantar árboles de rápido crecimiento (pino pátula, eucalipto, urapán, laurel, bambú, etc.).

- Caseta

La construcción de una caseta (área 30 m² aproximadamente) es importante co-

La cantidad de estas herramientas es función del número de trabajadores, y éstos a su vez dependen de la cantidad de desechos 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 unos tabloncillos.

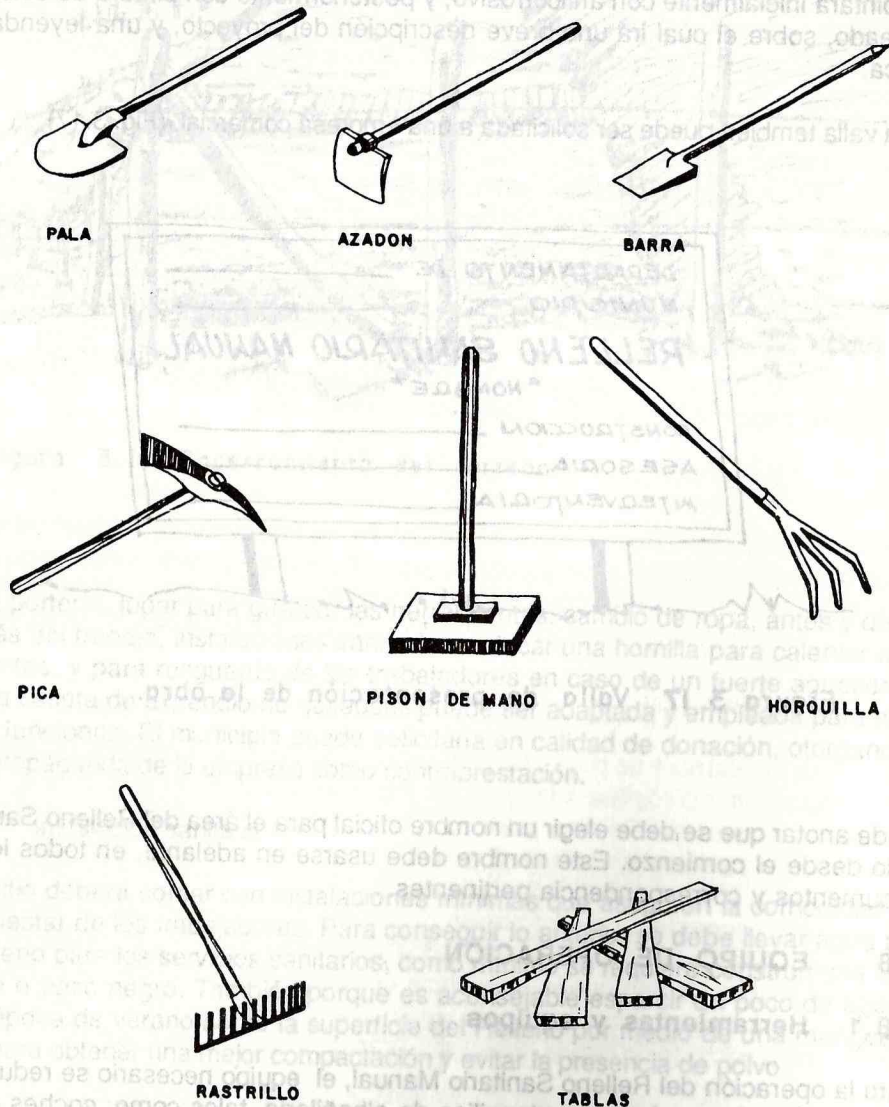


Figura 3.18 Herramientas de trabajo.

en forma lineal para facilitar el desplazamiento de los carros, sobre todo en época de invierno, mejorando el rendimiento del trabajo (Fig. 3.21).

Es conveniente también utilizar para el acarreo de los materiales los implementos suministrados a los trabajadores para el tiempo de reposo, como el caso de los carros de mano.

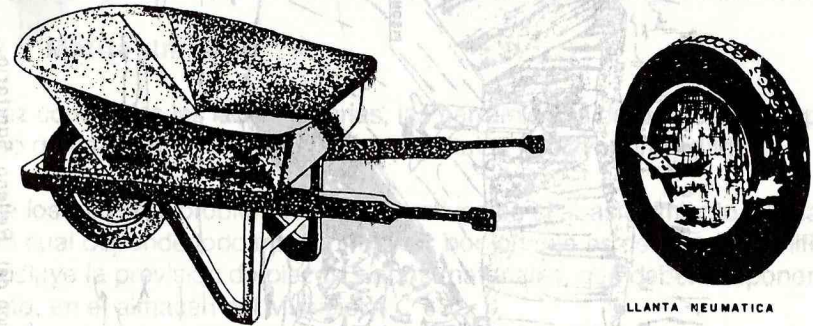


Figura 3.19 Coche de llanta neumática de 120 litros.

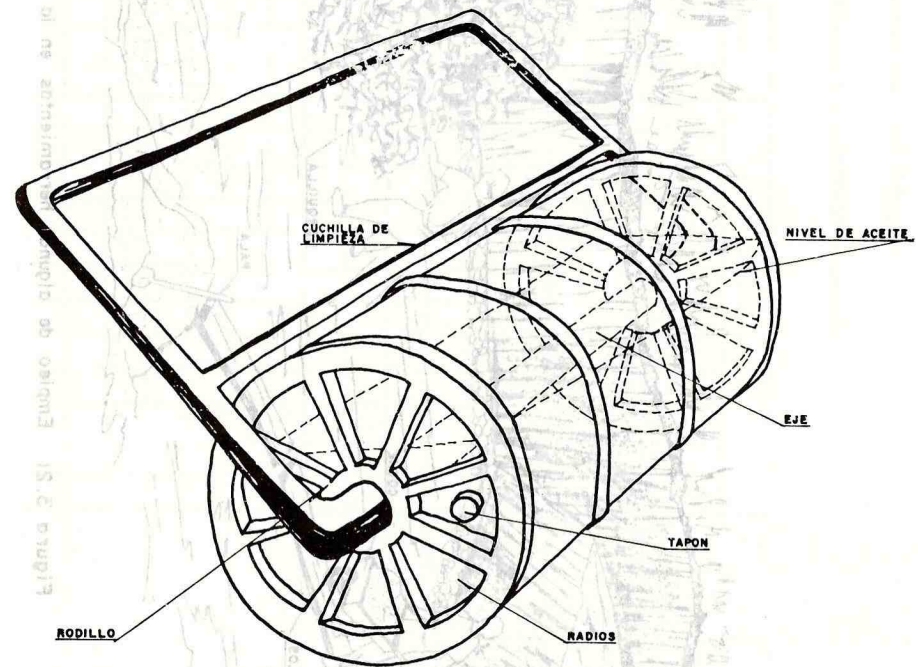


Figura 3.20 Caneca de 55 galones acondicionada como rodillo compactador, llena de aceite en sus 2/3 partes.

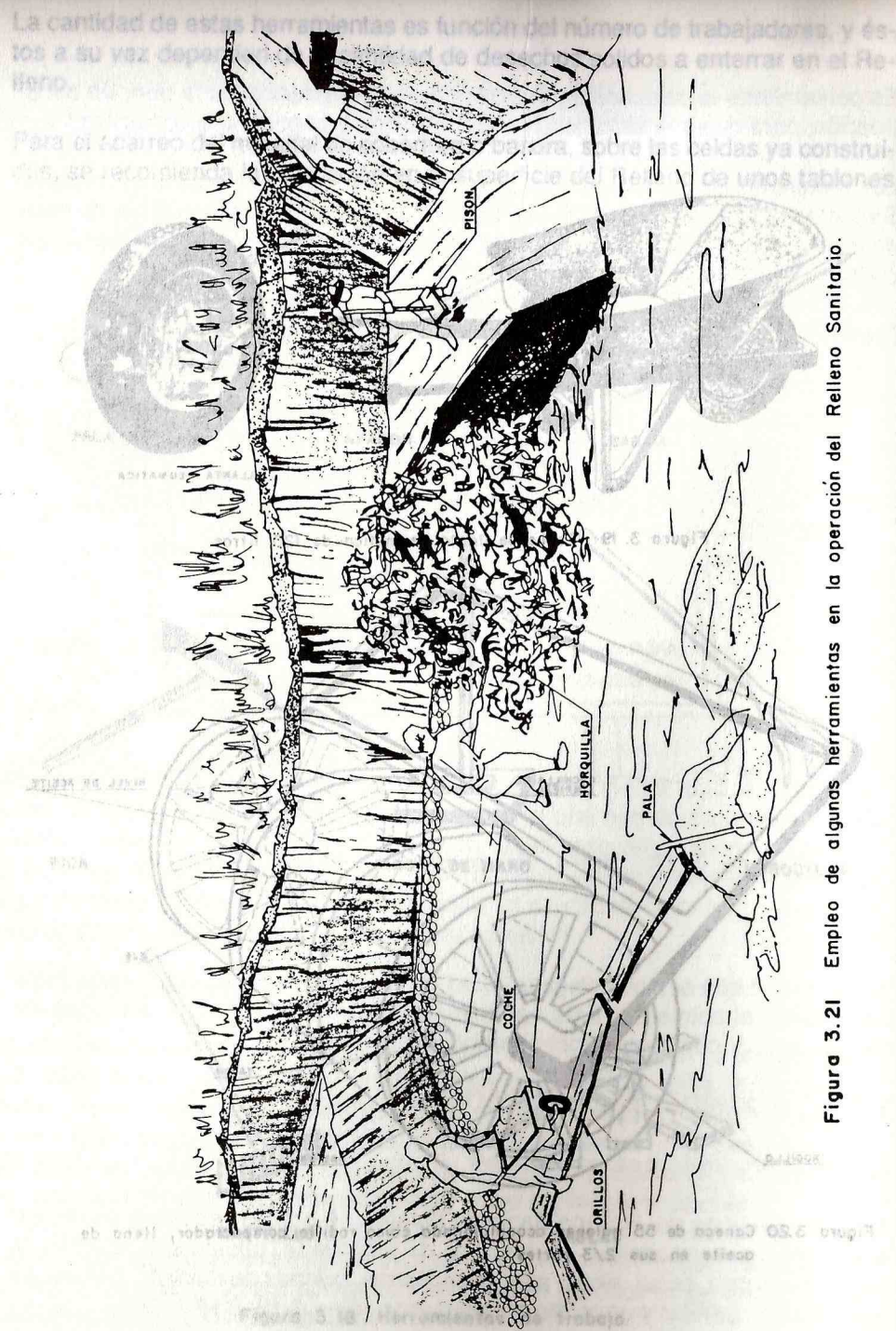


Figura 3.21 Empleo de algunas herramientas en la operación del Relleno Sanitario.

en forma lineal para facilitar el desplazamiento de los coches, sobre todo en época de invierno, mejorando los rendimientos en la operación. (Fig. 3.21).

Es conveniente también llevar un control de las herramientas e implementos suministrados a los trabajadores tanto para su inventario, como para establecer el tiempo de reposición por daños. La Tabla 3.1 sirve de guía para esta labor.

3.8.2 Mantenimiento

Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deben dejarse limpias, y en caso de daños o quebras, reparar o sustituir a la mayor brevedad.

Uno de los mayores problemas administrativos es el abastecimiento de materiales, del cual depende todo mantenimiento; por lo tanto es necesario planificarlo. Esto incluye la previsión de piezas y otros materiales, que deben disponerse en depósito, en el almacén del Municipio.

HERRAMIENTAS		MATERIALES	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50

TABLA 3.1

	NOMBRE TRABAJADOR	HERRAMIENTAS								IMPLEM. DE PROTECCION				FECHA DE ENTREGA	OBSERVACIONES
		Azadón	Barra	Careta	Rastrillo	Pala	Pica	Pisón	Rodillo	Overol	Botas	Gaules	Gafas		
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															

4.0 CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL
 4.1 METODO CONSTRUCTIVO

El método constructivo depende de las condiciones geológicas, de las características del agua y del tipo de terreno, la cual va a depender de la profundidad de extraer la basura, de la cantidad de la producción de basura, de la alternativa más económica.

Como se mencionó anteriormente, para construir un relleno sanitario se debe tener en cuenta las características geológicas del terreno, la cual va a depender de la profundidad de extraer la basura, de la cantidad de la producción de basura, de la alternativa más económica.

Para la construcción de un relleno sanitario se debe tener en cuenta las características geológicas del terreno, la cual va a depender de la profundidad de extraer la basura, de la cantidad de la producción de basura, de la alternativa más económica.

La construcción de un relleno sanitario se debe tener en cuenta las características geológicas del terreno, la cual va a depender de la profundidad de extraer la basura, de la cantidad de la producción de basura, de la alternativa más económica.

El relleno sanitario se debe tener en cuenta las características geológicas del terreno, la cual va a depender de la profundidad de extraer la basura, de la cantidad de la producción de basura, de la alternativa más económica.

La construcción de un relleno sanitario se debe tener en cuenta las características geológicas del terreno, la cual va a depender de la profundidad de extraer la basura, de la cantidad de la producción de basura, de la alternativa más económica.

CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

4.0 CONSTRUCCION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

4.1 METODO CONSTRUCTIVO

El método constructivo depende de las condiciones topográficas, de las características del suelo, y del nivel freático, lo cual va a definir la posibilidad o no, de extraer la tierra de cobertura de la propia área del relleno, siendo ésta la alternativa más económica.

Como se mencionó anteriormente, son usuales las denominaciones "Métodos de área, de rampa y de trinchera" (Figs. 1.3 - 1.7) que son consecuencia de las condiciones locales. Siempre se debe proporcionar contención al relleno al iniciar la construcción, apoyando cada celda en el talud del terreno natural, paredes de una trinchera, o sobre otra celda ya terminada.

También es importante tener en cuenta, que los costos de acarreo de la tierra de cobertura son mínimos, si se excava en el propio sitio, ya sea raspando la tierra de los taludes o partes altas, del fondo del terreno a rellenar, o de la apertura de trincheras (si el nivel freático lo permite).

La basura se esparce por los operarios, sobre la base del relleno o celdas ya terminadas en capas sucesivas de 20 a 30 cms empleando para ello horquillas (garfio de tres dientes) o rastrillos (ocho a diez dientes), y se nivelan las superficies superiores y laterales, manteniendo los desechos sólidos apoyados en el talud del terreno, o en una celda ya terminada. Luego se procede a darle una primera compactación por medio de los pisones de mano, hasta darle una relativa uniformidad y alcanzar la altura prevista de 80 cms de basura por celda.

El esparcimiento y compactación se harán en capas horizontales. Estas se colocan en pendiente 1 : 3 (altura : avance) lo cual proporcionará mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y mayor estabilidad al relleno.

Para concluir la celda se recubre con una capa de tierra del orden de 15 a 20 cms, se esparce con la ayuda de carretillas de mano o coches de llanta neumática, palas y azadón y se compacta por medio de pisones de mano y rodillo de la misma forma que la basura. Es bueno recordar que la cobertura diaria controla la presencia de insectos, roedores y gallinazos, así como el fuego, los humos, los malos olores, la humedad y la basura regada.

Es claro que debe ser aplicada como mínimo una vez por cada día de recolección. De este modo no debe quedar ningún desecho sólido expuesto al terminar la labor, y menos aún, el fin de semana.

La tierra puede ser acumulada sobre otra celda terminada y de allí descender sobre la celda en conclusión.

En las Figs. 4.1 a 4.14 puede apreciarse la operación manual y el método constructivo del relleno.

4.1.1 Método de área y pendiente

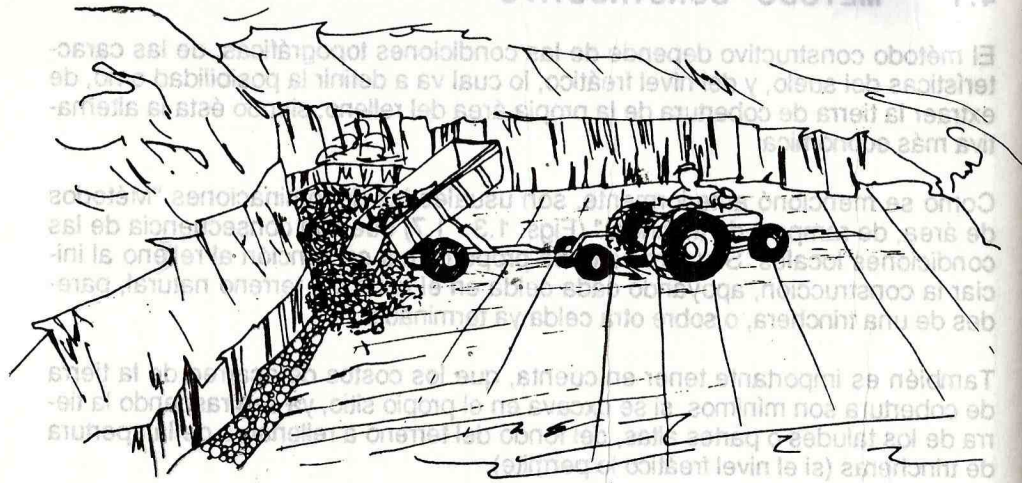


Figura 4.1 Descarga de los desechos sólidos.



Figura 4.2 Esparcimiento de los desechos en el área limitada para la celda.



Figura 4.3 Compactación de los desechos con el pisón de mano.

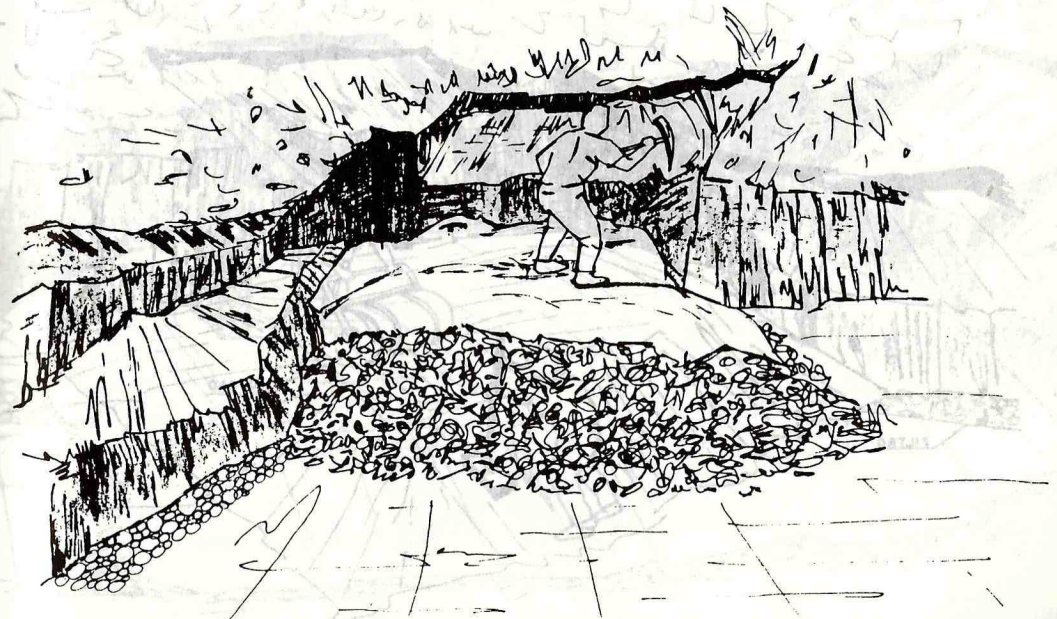


Figura 4.4 Extracción de la tierra para cubrir la basura.

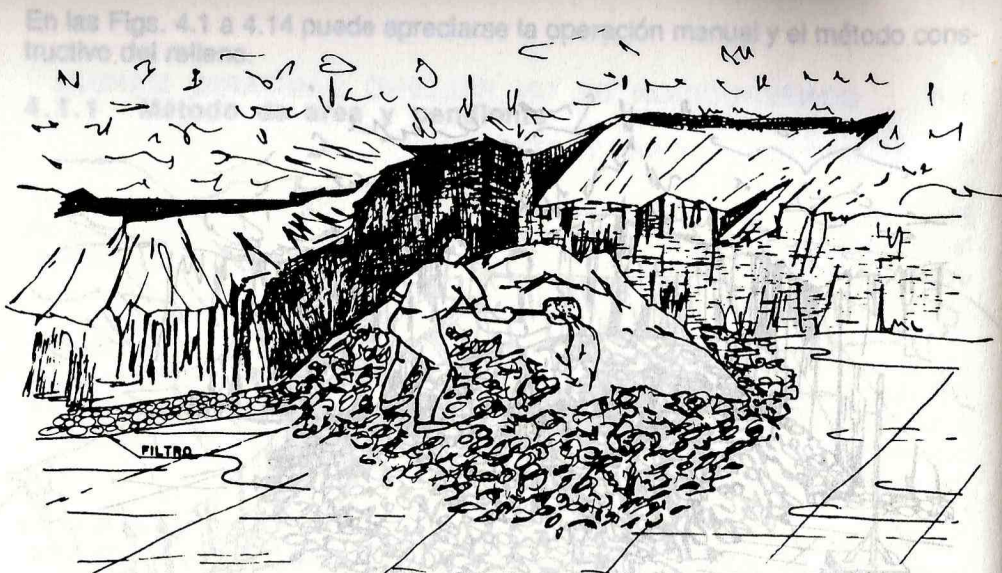


Figura 4.5 Cubrimiento de los desechos sólidos.

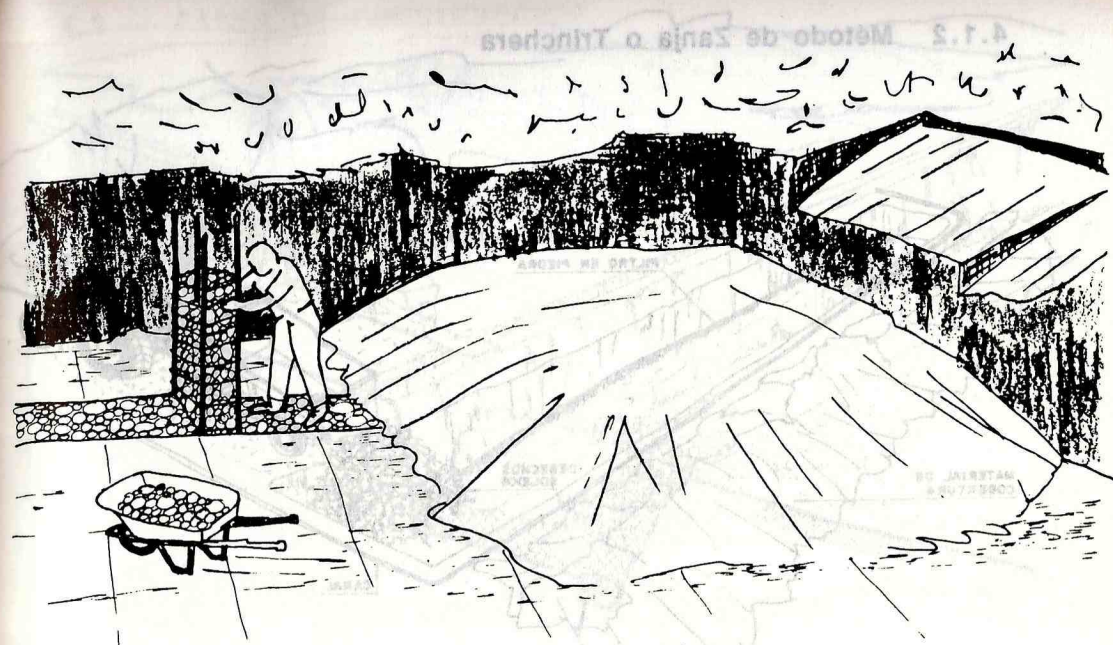


Figura 4.7 Construcción del filtro de gases.

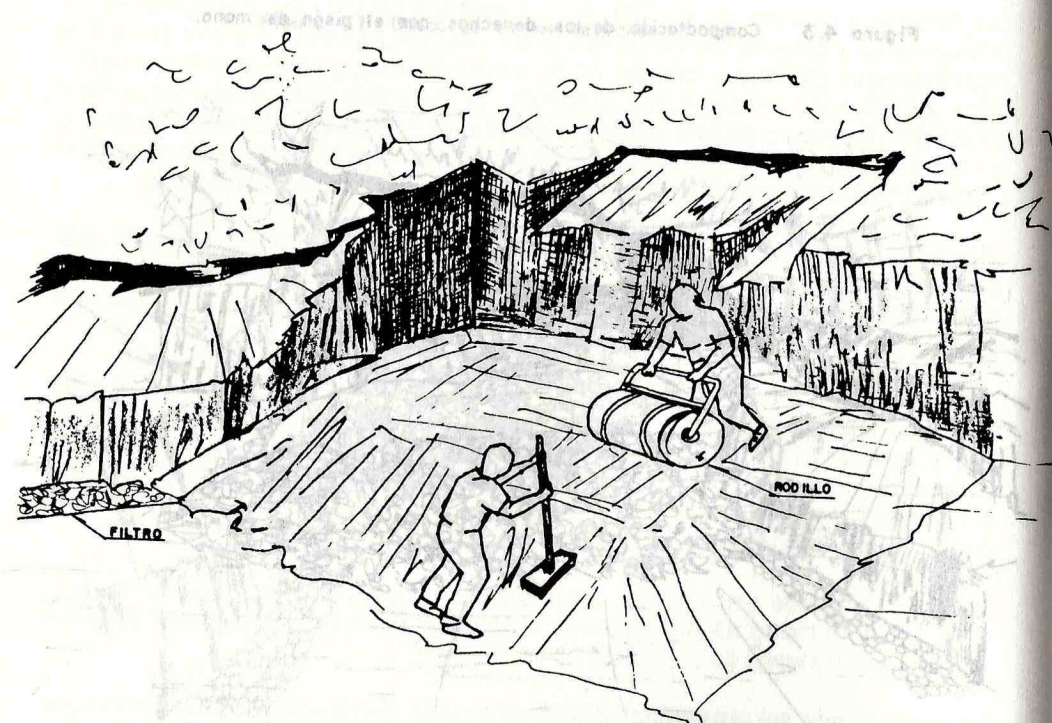


Figura 4.6 Compactación de la celda terminada.

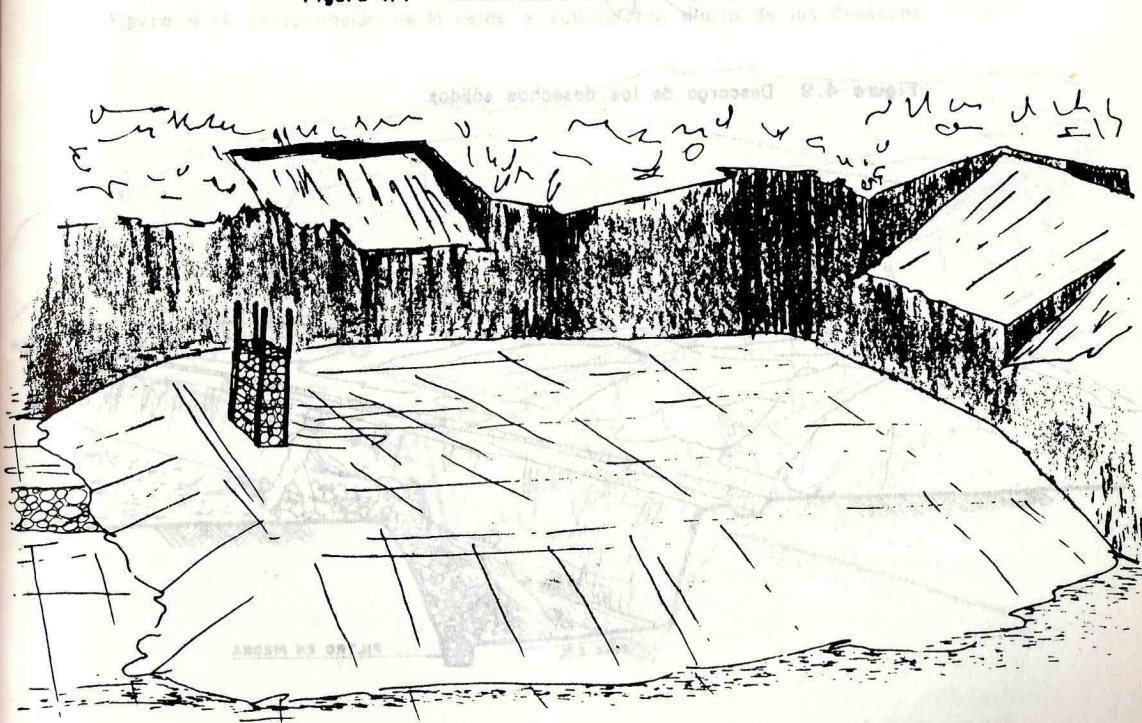


Figura 4.8 Construcción de la nueva celda al lado de la anterior.

4.1.2 Método de Zanja o Trinchera

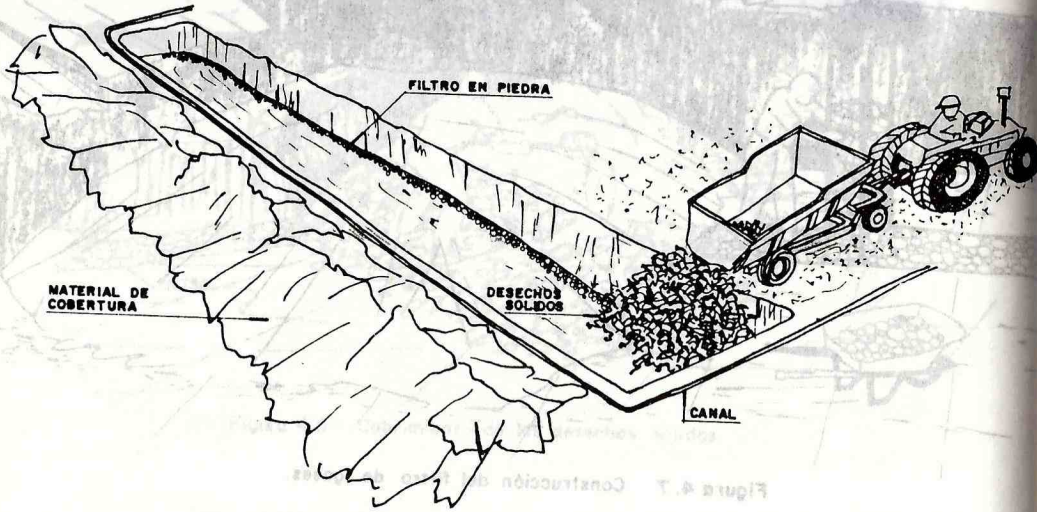


Figura 4.9 Descarga de los desechos sólidos.

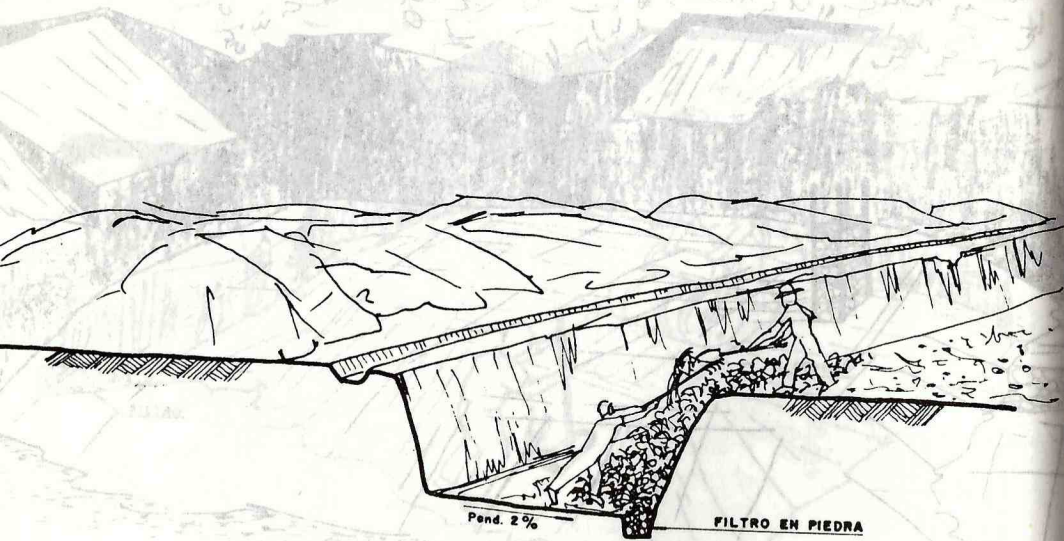


Figura 4.10 Descenso y nivelación de los desechos.

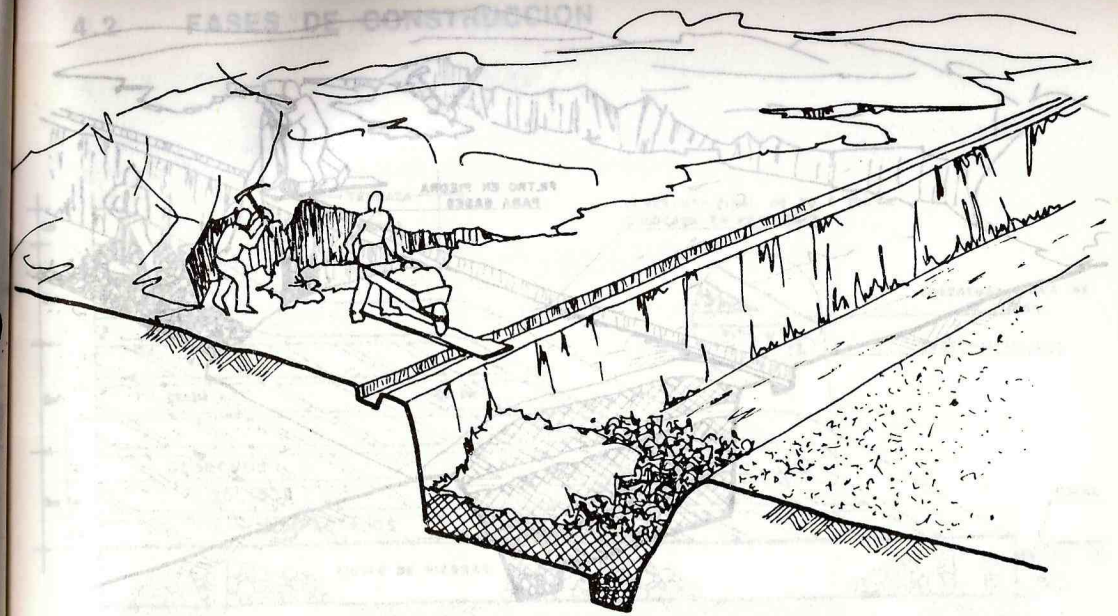


Figura 4.11 Conformación de la celda y cubrimiento diario de los desechos.

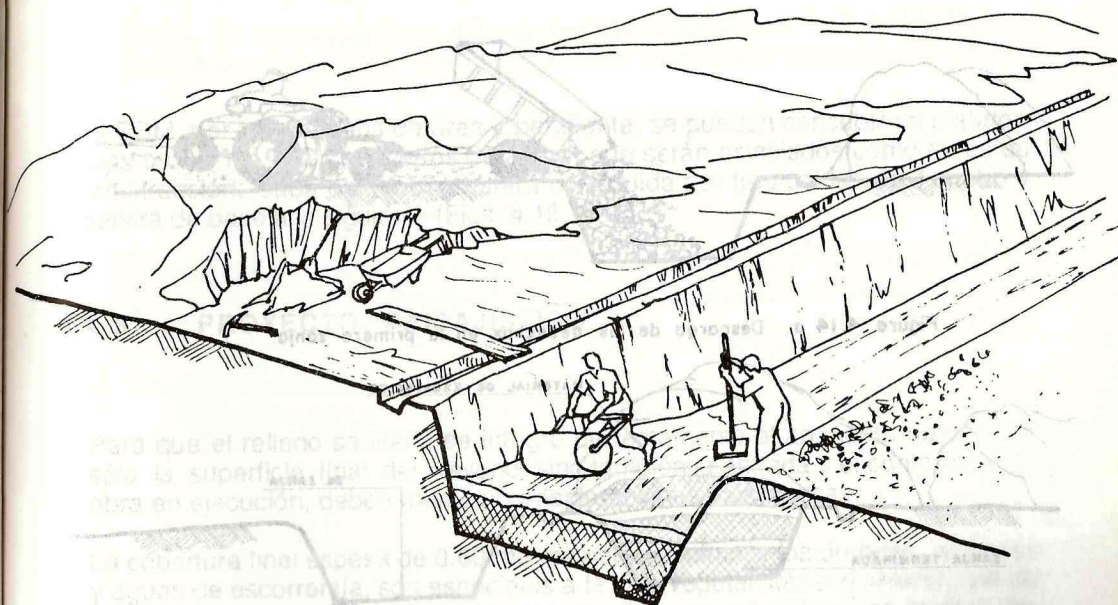


Figura 4.12 Compactación manual de la celda.

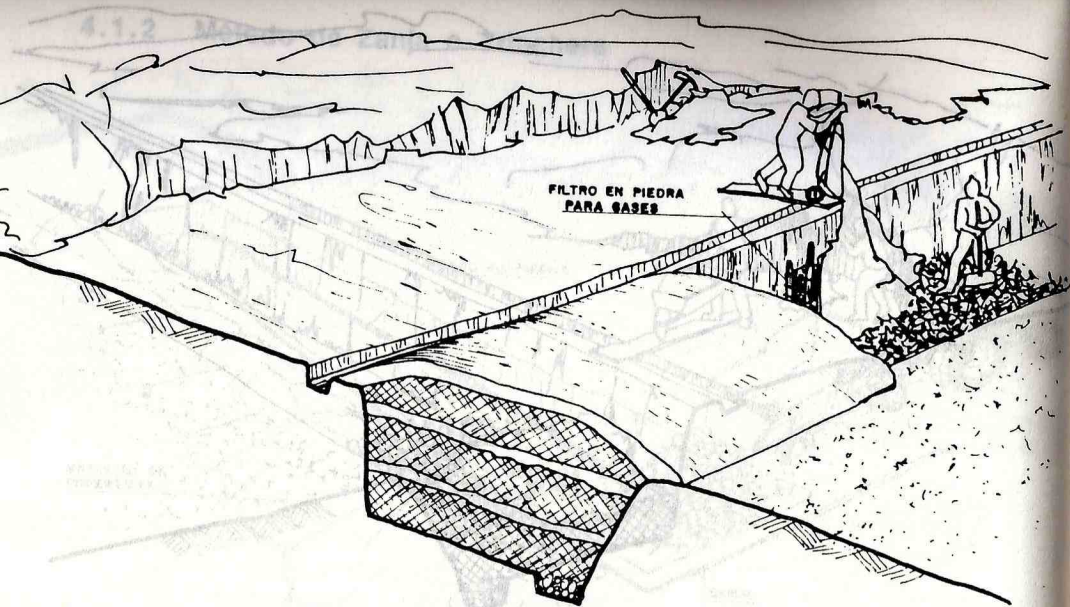


Figura 4.13 Configuración del relleno sanitario en trinchera.

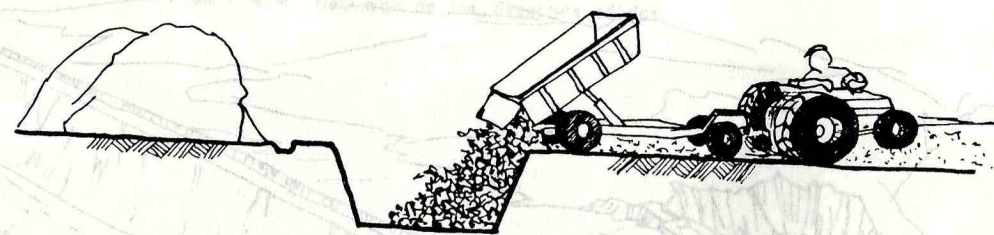


Figura 4.14 a. Descarga de los desechos en la primera zanja.

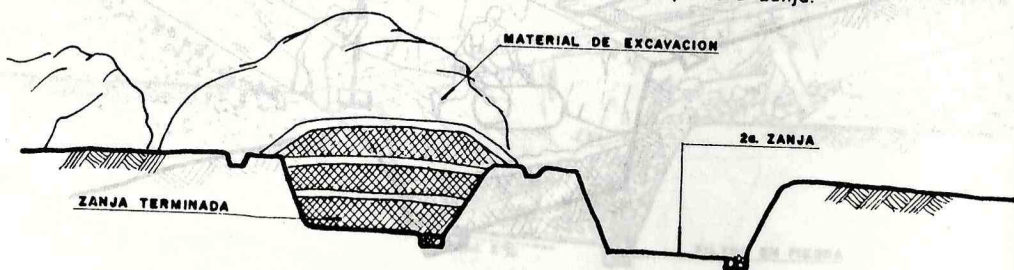


Figura 4.14 b. El material de excavación acumulado sobre la zanja terminada.

4.2 FASES DE CONSTRUCCION

4.2.1 Condiciones existentes

El sitio designado para el Relleno Sanitario debe ser una zona...

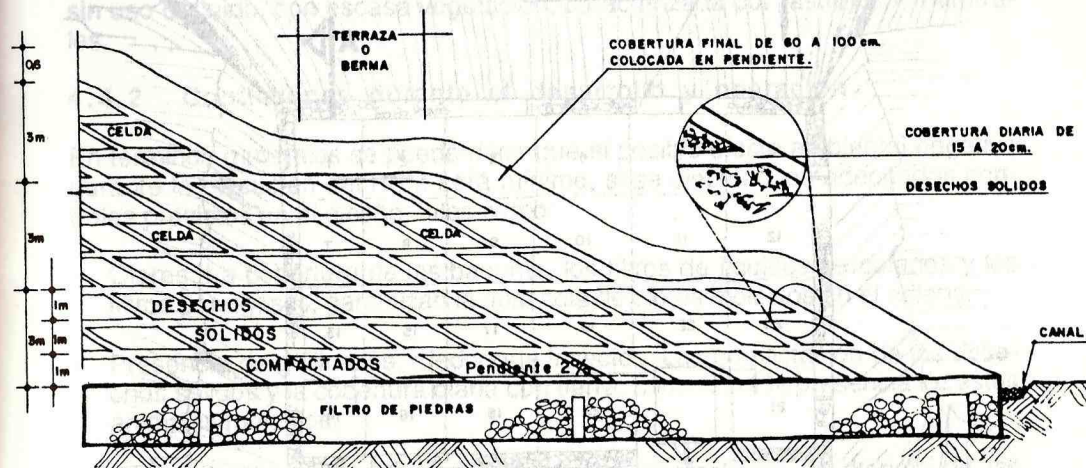


Figura 4.15 Nivel de las plataformas.

El RSM, por los métodos de área y pendiente, se pueden concebir en plataformas o unidades de tres metros de altura, que serán asimilados como fases de construcción. Cada plataforma estará construida por tres celdas de 1 metro y servirá de base a la siguiente (Figs. 4.15, 4.16).

4.3 PROYECTO PAISAJISTICO

Para que el relleno sanitario se integre perfectamente al ambiente natural, no sólo la superficie final del relleno, sino también la entrada y el contorno de la obra en ejecución, deben merecer consideraciones paisajísticas.

La cobertura final espesa de 0.60 metros como mínimo, y los drenajes de gases y aguas de escorrentía, son esenciales a la vida vegetal sobre el relleno, que se restringe a algunas especies, mientras el relleno se estabiliza. Las plantas deben tener raíces cortas superficiales, que no traspasen la cobertura, admitiéndose también el plantío en hoyos llenos de tierra abonada.

4.4.1 Condiciones existentes

El sitio destinado para el Relleno Sanitario Manual generalmente es una zona sin uso definido, con escasa vegetación, caracterizada por pastos y matas.

4.4.2 Condiciones durante el desarrollo y operación

En términos generales se puede decir que el posible efecto ambiental negativo durante la ejecución del RSM será mínimo, si se ejecutan las adecuaciones con los filtros previstos en el diseño, tales como:

- Olores: La cobertura de las pautas, los filtros de líquidos perforados y los filtros para gases, garantizarán la ausencia de olores molestos en el relleno.
- Presencia de patógenos, roedores e insectos: La compactación de los desechos sólidos y la cobertura diaria con tierra, garantizará la presencia de estos animales molestos.
- Contaminación del agua: Con los canales permeables de drenaje de las aguas lluvias, y los filtros para los líquidos perforados, no habrá vertimientos de aguas de lixiviado a ninguna corriente.
- Migración de gases: Para evitar la concentración de gas metano, se diseñarán los filtros de gases, que se continúen a medida que avanza el relleno.
- Incendios: La cobertura diaria de tierra y compactación, servirán como control de incendios, sirviendo de aislante en caso de que en alguna celda se presente fuego, y a la vez de extintor. De esta forma también se controla la presencia de humos en el ambiente.
- Liberación de desechos: Las molestias ocasionadas por la elevación de cenizas y polvo por la acción del viento, será mínima, si se adoptan intervenciones frente a todo el contorno del relleno.
- Ruido: El ruido no será molesto alguno, pues la operación está manual, por lo tanto no habrá equipo pesado trabajando.

CORTE A-A ELEVACION DEL RELLENO

5.0 OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

5.1 CLAUSURA DEL BOTADERO TRADICIONAL

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

5.1 CLAUSURA DEL BOTADERO TRADICIONAL

Para la clausura del botadero tradicional se debe planificar y realizar trabajos de aislamiento de los cuartos del botadero, trabajos de limpieza y otros trabajos de mantenimiento.

- Control de ingreso de vehículos al botadero.
- Control del flujo de ventilación y por donde se escape el gas metano.
- Orientación del tráfico y desahorro de espacio.
- Control del tamaño y compactación de los desechos sólidos.
- Cobertura (superficie).
- Distribución adecuada del gas metano.

5.0 OPERACION DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

5.1 CLAUSURA DEL BOTADERO TRADICIONAL

Para la exitosa operación del sistema proyectado, debe programarse y realizarse aisladamente la clausura del botadero tradicional del Municipio, y demás botaderos existentes.

Para la operación de clausura del botadero, deben seguirse en lo posible los siguientes puntos:

- Realizar un programa de exterminio de roedores y artrópodos. En este punto es importante la colaboración por ejemplo del Servicio Seccional de Salud (S.S.S.), División Saneamiento Ambiental.

Si esta etapa no se realiza, es posible que esos bichos al no disponer de guarida, por el enterramiento de las basuras, emigren a las viviendas vecinas, con los consiguientes riesgos y problemas.

- Inmediatamente se haga el exterminio, se procederá a cubrir con tierra todos los botaderos con una capa de 20 a 30 cms de espesor, y en lo posible apisonarla, para evitar las quemas y humos.

- Encerramiento del lugar para impedir el acceso.

- Colocar avisos informando a la comunidad sobre la ubicación y existencia del sitio del relleno sanitario.

Comunicar en especial a aquellos comerciantes que ocasionalmente contratan un vehículo para que les boten las basuras, que en gran cantidad esporádicamente puedan producir, y así se dirijan a este sitio, y depositen allí sus desechos.

- Colocar avisos informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.

5.2 DISCIPLINA

Los trabajos en el Relleno Sanitario deben ser organizados y mantenidos con disciplina, para alcanzar los objetivos propuestos. Esto se logra a través de:

- Control del ingreso de residuos sólidos (Portería) Tabla 5.1.
- Control del flujo de vehículos y personas (Portería).
- Orientación del tráfico y descarga (plaza de operaciones).
- Control del tamaño y conformación de las celdas, con su respectivo material de cobertura (supervisor).
- Distribución adecuada del programa de trabajo en el Relleno Sanitario Manual (Supervisor).

- Velar por el buen mantenimiento de las herramientas y dotación de implementos de protección de los trabajadores (Supervisor).

Las vías de acceso, plaza de maniobras, redes de drenaje pluvial y superficie terminada del relleno, deben mantenerse en buenas condiciones operativas.

RELLENO SANITARIO MANUAL

TABLA 5.1 CONTROL DESECHOS SOLIDOS

MES

DIA	FECHA	Nº VIAJES	CANT. DS Kg.	VOLUMEN m³ / sem	OBSERVACIONES
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Subtotal					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Subtotal					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Subtotal					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Subtotal					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Subtotal					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Subtotal					
TOTAL					

El costo de manutención de los accesos, es inferior al de reparación por daño y paralización de un vehículo recolector. Por tal motivo deben almacenarse pedruscos, restos de demolición y tierra adecuada. Al llegar a la plaza de operaciones (patio de maniobras), los vehículos deben ser orientados para descargar lo más cerca posible al frente de trabajo; la plaza debe ser organizada y limpia.

La vigilancia debe impedir el ingreso de animales y personas extrañas, y la excavación de materiales de los residuos sólidos en las celdas ya conformadas.

Uno de los elementos más importantes en el Relleno Sanitario es un Supervisor que organice, dirija y controle las operaciones y que cuente además con todo el respaldo de la Administración Municipal.

Si el RSM no tiene una buena supervisión, ni mantenimiento técnico y económico, fácilmente podrá convertirse en un botadero a cielo abierto, con todos sus perjuicios.

"Un relleno sanitario, exige una constante supervisión para poder evitar fallas futuras".

5.3 CONSTRUCCION DEL RELLENO

Los residuos sólidos serán descargados lo más cerca posible al frente de trabajo donde se conformarán las celdas.

Una vez depositada la basura por el vehículo recolector, inmediatamente se deberá proceder a la construcción de las celdas.

A continuación se presenta un esquema de trabajo de acuerdo con los días de recolección: lunes, miércoles y viernes, para la construcción de tres celdas / semana en la operación manual del RS. Se insiste en que este esquema, se debe ajustar a las condiciones reales, una vez se inicien las labores.

- Día lunes:
Tres hombres recibirán la basura descargada por el vehículo recolector, y la esparcirán en el área ocupada por la celda 50 m² (8 x 6.25) para su conformación y apisonado. Anexo I, Ejemplo 3.

Los dos hombres restantes, excavarán el material de cobertura, y lo depositarán sobre la basura.

- Día martes:
Se cubrirá la totalidad del área ocupada por la basura y se compactará, hasta conseguir una superficie uniforme.

El tiempo disponible se aprovechará para extraer más tierra y acumularla sobre la celda ya conformada o cerca de ella. Además se podrá emplear en dar

mantenimiento a los drenajes, y en mantener limpio de papeles y otros desechos el área del relleno, para lograr una mejor apariencia.

- Días miércoles y jueves:
Se repiten las operaciones anteriores, construyendo la nueva celda, a continuación de la otra.
- Día viernes:
Igualmente se continúa con las labores propias para la construcción de las celdas. Si el tiempo no es suficiente al menos para el cubrimiento de la basura, se debe ampliar la jornada al día sábado.

Consideraciones a tener en cuenta:

- No deberá quedar basura al descubierto para el fin de semana, por ningún motivo.
- La altura de cada celda será de un metro (0.80 m de basura + 0.20 m de tierra) generalmente, y su ancho y avance dependerán de la cantidad de basura diaria.

5.4 SEGURIDAD DE TRABAJO

Las labores de trabajo en el servicio de aseo urbano (recolección, transporte y disposición final de basuras), exponen constantemente a los trabajadores a adquirir enfermedades infectocontagiosas por trabajar con desechos que pueden estar contaminados, y además a accidentes en la vía pública a los primeros. Estos accidentes pueden tener dos orígenes: uno por condiciones inseguras de trabajo y otra por negligencia del propio trabajador.

Tradicionalmente las principales condiciones inseguras de trabajo son:

- Recoger la basura con la mano, por no contar con los elementos necesarios como guantes recogedores, lo que puede producir cortes en las manos al encontrar vidrios rotos o metales afilados.
- Almacenamiento inadecuado de las basuras en recipientes muy grandes que son difíciles de manejar, los mismos pueden producir desgaste excesivo del trabajador, o desgarramientos al ser levantados para su traslado y vaciado a los recolectores.
- Jornada de trabajo excesivamente larga, causando la fatiga de los trabajadores.
- Carencia de uniformes adecuados y equipos individuales de protección.

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

- No usar el equipo individual de protección.
- Ingerir bebidas alcohólicas durante la jornada de trabajo.
- Forma indebida de levantamiento de recipientes u objetos pesados.
- No prestar atención al tráfico vehicular.

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

A continuación se dan las siguientes recomendaciones para tratar de minimizar los problemas anteriores:

- Tratar de evaluar las causas de accidentes más comunes y dar las prevenciones del caso.
- Elaborar normas de seguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
- Se deberá 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.
- Establecer un programa de exámenes médicos para que puedan ser identificados los riesgos potenciales de contaminación, relacionados con su actividad.
- Mejorar la calidad del equipo y herramientas, buscando la uniformidad de los recipientes en cuanto a forma, tamaño y peso, obligando al menos al sector comercial al empleo de recipientes plásticos de unos 60 a 100 litros la unidad; y para el sector residencial, hacer una buena campaña de promoción y concientización.
- Dotar a los trabajadores de guantes, botas y por lo menos de tres juegos de uniformes al año (Fig. 5.1).

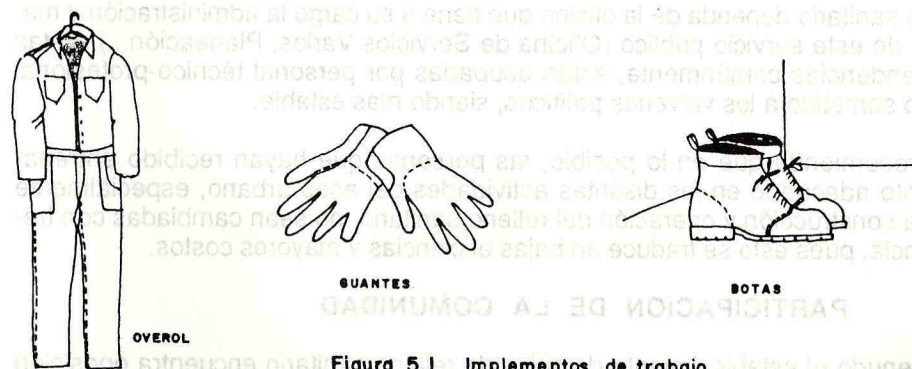


Figura 5.1 Implementos de trabajo

El supervisor ejercerá el control para el efectivo cumplimiento de las normas de seguridad.

5.5 ASENTAMIENTO Y ACABADO FINAL

Con el pasar del tiempo los desechos sólidos se descomponen, parte se transforma en gas y parte en líquido, la tierra de cobertura y la humedad, penetran en sus vacíos, condensando el relleno y haciéndolo asentar. Después de dos años el asentamiento se reduce mucho y prácticamente desaparece a los cinco años.

El asentamiento no es uniforme, y ocasiona depresiones en la superficie del terreno, donde se acumula el agua, lo cual debe evitarse, haciéndole nivelaciones al terreno para un buen drenaje.

La construcción de la cobertura final requiere gran atención, pues no sólo incide en el funcionamiento, sino también en la imagen final del relleno terminado.

5.6 CONTROL DE AGUAS

Se deberán conservar en buen estado, el drenaje pluvial periférico (canal en tierra, cunetas) y la superficie del relleno. También la plaza de maniobras debe tener drenajes para no perjudicar el movimiento de los vehículos.

5.7 DEPENDENCIA ADMINISTRATIVA

Para garantizar que el Relleno Sanitario Manual se construya y opere de conformidad con las especificaciones y recomendaciones dadas en este manual, y cumplan con los objetivos propuestos, se hace necesario que éste tenga una Administración.

En nuestro medio, en términos generales el servicio de aseo urbano es prestado directamente por los municipios, y teniendo en cuenta que la disposición final de los desechos sólidos es su última actividad, es apenas lógico que el relleno sanitario dependa de la oficina que tiene a su cargo la administración y manejo de este servicio público (Oficina de Servicios Varios, Planeación...). Estas dependencias comúnmente, están ocupadas por personal técnico-profesional poco sometido a los vaivenes políticos, siendo más estable.

Se recomienda que en lo posible, las personas que hayan recibido entrenamiento adecuado en las distintas actividades del aseo urbano, especialmente en la construcción y operación del relleno sanitario, no sean cambiadas con frecuencia, pues esto se traduce en bajas eficiencias y mayores costos.

5.8 PARTICIPACION DE LA COMUNIDAD

A menudo el establecimiento de sitios de relleno sanitario encuentra oposición

del público, ocasionada en general, por falta de conocimientos, por una evidente deficiencia operacional en este procedimiento, y/o por desconfianza en nuestras administraciones locales.

La participación de la comunidad es vital para el éxito del programa, una vez implementado el proyecto del Relleno Sanitario Manual.

Esta participación debe promoverse de muchas formas, se destacan entre otras:

- Por acercamiento directo:
Promoviendo reuniones con líderes cívicos, juntas de acción comunal, asociaciones de padres de familia, juntas de deportes, grupos ecológicos, consejos verdes; en fin, todo tipo de organización social debe ser utilizado.

- Educación sanitaria:
En los establecimientos educativos, y en las mismas juntas cívicas y sociales, se puede hacer no sólo la promoción al programa, sino que se puede hacer educación sanitaria al respecto, enfocándola especialmente desde el punto de vista de los beneficios sanitarios, y de salud, logrados con un adecuado manejo de las basuras.

Los Promotores de Saneamiento del Servicio de Salud están llamados a enfrentar esta tarea, con el apoyo de los Ingenieros Sanitarios.

- Métodos indirectos:

Por medio de volantes, carteleras, afiches, plegables, difusión por noticieros escritos y hablados (periódico, radio, T.V.). Difusión por autoparlantes fijos y móviles.

OTRAS
RECOMENDACIONES

6.0 OTRAS RECOMENDACIONES

Una vez realizado el diseño del refugio sanitario, viene la ejecución del proyecto. En esta fase, el diseñador debe tener presente que el refugio sanitario no es un objeto que se construye una vez y se abandona. La construcción del refugio sanitario es un proceso que debe ser considerado como un proceso continuo, es decir, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario.

No es necesario que el refugio sanitario sea un objeto que se construye una vez y se abandona. La construcción del refugio sanitario es un proceso que debe ser considerado como un proceso continuo, es decir, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario.

Una de las recomendaciones que se hacen es que el refugio sanitario sea un objeto que se construye una vez y se abandona. La construcción del refugio sanitario es un proceso que debe ser considerado como un proceso continuo, es decir, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario.

En el diseño del refugio sanitario, es importante tener presente que el refugio sanitario no es un objeto que se construye una vez y se abandona. La construcción del refugio sanitario es un proceso que debe ser considerado como un proceso continuo, es decir, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario, es de importancia fundamental en el diseño del refugio sanitario.

OTRAS RECOMENDACIONES

Figura 6.1 Funcionamiento del refugio sanitario

6.0 OTRAS RECOMENDACIONES

Una vez realizado el diseño del relleno sanitario, viene la ejecución del proyecto, y por supuesto, el mejor diseño no significa nada, sino existe voluntad política para que sea ejecutado como se prescribe. La construcción del Relleno Sanitario, es de importancia fundamental en comparación con otras obras, por la duración de la ejecución y el permanente mantenimiento que requiere.

No es necesario desgastarse, pretendiendo lograr la cooperación de las administraciones locales, que no estén dispuestas a solucionar el problema de disposición final de las basuras. Es mejor buscar resultados en unos pocos que deseen construir el relleno sanitario; con el tiempo y teniendo modelos para mostrar, las demás se motivarán, logrando así ahorrar esfuerzos.

Una de las mayores dificultades aparte de la adquisición del terreno para la construcción del relleno sanitario, en las pequeñas poblaciones, es el préstamo o arriendo del equipo pesado, que realice el movimiento de tierras inicial, para preparar el suelo de soporte y abrir el acceso a los vehículos recolectores. En esta labor se pone a prueba la capacidad de gestión del funcionario encargado o administración local para lograr este objetivo, que en la mayoría de las veces, retarda el inicio de las demás obras y operaciones del relleno. Por lo tanto no se debe desfallecer en este empeño.

Cuando se mantiene la cobertura diaria de tierra en el relleno sanitario se disminuye notablemente la propagación de moscas, no obstante éstas llegan con las basuras en los vehículos recolectores y en ocasiones se hace demasiado notoria su presencia; en estos casos se recomienda **fumigar** el área del relleno, con la periodicidad que se requiera en cada caso (Fig. 6.1).

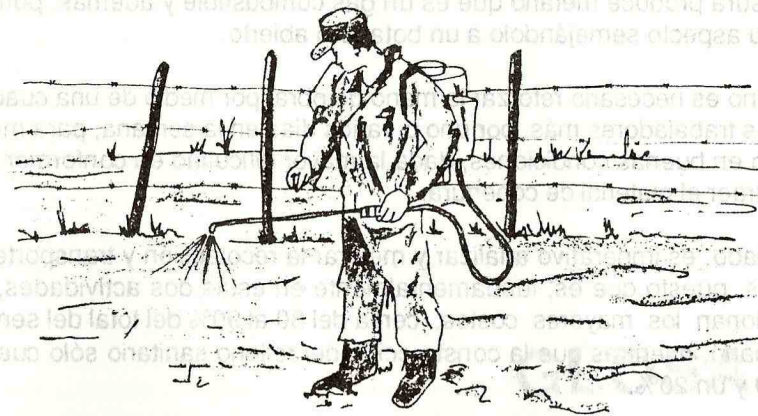


Figura 6.1 Fumigación en el área del Relleno Sanitario.

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes, al frente de trabajo diario, puesto que en algunas ocasiones cuando se dejan acumular los papeles volantes arrastrados por el viento, se brinda un mal aspecto a la apariencia estética del relleno. Se aconseja que uno de los trabajadores utilizando costales, recoja todos estos materiales dispersos al término de la jornada diaria, y los deposite en el sitio donde se construye la celda (Fig. 6.2).



Figura 6.2 Limpieza del área del relleno de materiales dispersos.

En el área del relleno se deben evitar las quemas de papel, cartón, plásticos... para no correr el riesgo de propiciar un incendio, dado que la descomposición de la basura produce metano que es un gas combustible y además, porque deteriora su aspecto semejándolo a un botadero abierto.

En invierno es necesario reforzar la mano de obra, por medio de una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, por uno o varios días en la semana, para mantener el relleno en buenas condiciones, dada la mayor dificultad en conformar las celdas y extraer el material de cobertura.

De otro lado, es imperativo analizar y mejorar la recolección y transporte de los desechos, puesto que es, fundamentalmente en estas dos actividades, donde se ocasionan los mayores costos, cerca del 80 al 90% del total del servicio de aseo urbano, mientras que la construcción del relleno sanitario sólo cuesta entre un 10 y un 20%.

"La complejidad de cada proyecto es función de las circunstancias, tamaño, recursos y usos del futuro relleno sanitario".

GLOSARIO DE TERMINOS

Agua de escorrentía o escurrimiento

Cuando en un terreno el agua no penetra en el suelo, sino que se desliza por la superficie hacia un punto de salida.

Agua de infiltración

El agua que penetra en el suelo y se filtra hacia abajo.

Agua de lluvia

El agua que cae directamente desde las nubes.

Agua de riego

El agua que se utiliza para regar los cultivos.

Agua de río

El agua que fluye en un curso natural.

Agua de canal

El agua que fluye en un curso artificial.

Agua de pozo

El agua que se extrae de un pozo.

Agua de manantial

El agua que surge naturalmente de la tierra.

Agua de lluvia

El agua que cae directamente desde las nubes.

Agua de riego

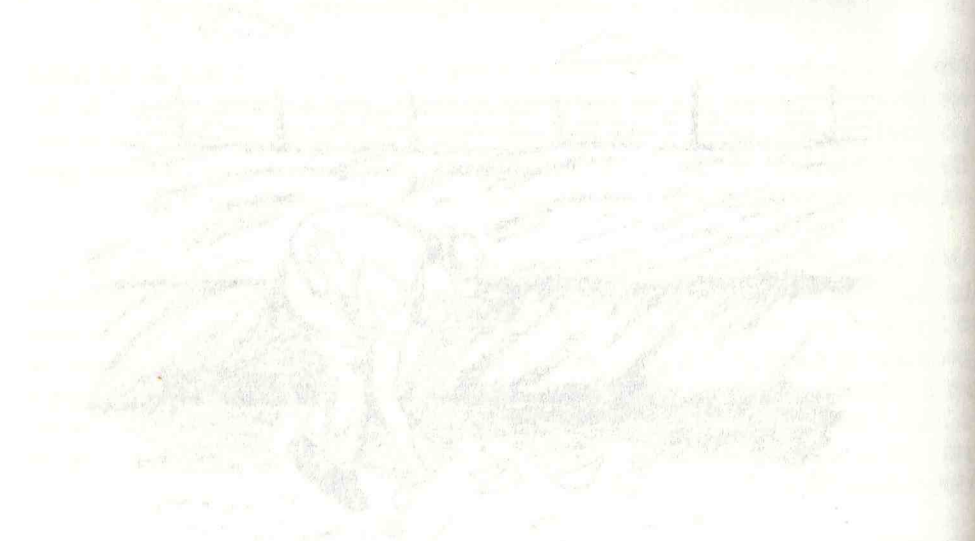
El agua que se utiliza para regar los cultivos.

Agua de río

El agua que fluye en un curso natural.

GLOSARIO DE TERMINOS

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diario, puesto que en algunas ocasiones cuando se dejan en el suelo los papeles volantes arrastrados por el viento, se brinda un mal aspecto a la apariencia estética del relleno. Se aconseja que uno de los trabajadores utilice un costal, recoja todos los papeles y los desechos al término de la jornada, y los deposite en un contenedor.



En el caso del trabajo de limpieza de las áreas adyacentes al frente de trabajo diario, se debe tener en cuenta que la actividad de recolección de los papeles y desechos debe ser realizada de manera constante y sistemática, para evitar que se acumulen en el suelo y se presente un mal aspecto a la apariencia estética del relleno.

El trabajo de limpieza de las áreas adyacentes al frente de trabajo diario, se debe realizar de manera constante y sistemática, para evitar que se acumulen en el suelo y se presente un mal aspecto a la apariencia estética del relleno.

El trabajo de limpieza de las áreas adyacentes al frente de trabajo diario, se debe realizar de manera constante y sistemática, para evitar que se acumulen en el suelo y se presente un mal aspecto a la apariencia estética del relleno.

GLOSARIO DE TERMINOS

Factores:

GLOSARIO DE TERMINOS

Aguas de escorrentía o escurrimiento:

Cuando en un aguacero el agua no penetra en el suelo, o lo hace lentamente, corre sobre la superficie del terreno hasta llegar a un arroyo o río.

Basuras:

Se entiende por basura todo residuo sólido o semisólido putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprenden en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos de barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros.

Celda:

La celda en un relleno sanitario, está conformada por cuatro o cinco partes de desechos sólidos y una parte de tierra. En el RSM se recomienda una altura de un metro para evitar problemas de hundimientos. La forma o diseño de la celda depende de la operación que se seleccione. Sin embargo, las condiciones reales obligan a cambios durante la operación del relleno. La cubierta de tierra de 20 cm previene problemas de moscas, roedores e incendios.

Densidad de la basura:

(Masa específica) Es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La basura tiene una densidad, dependiendo del estado de compresión. Como referencia pueden ser adoptados los siguientes valores:

- D_{rb} = 150 - 250 kg/m³ densidad en recipiente de basura.
- D_v = 250 - 450 kg/m³ densidad en vehículo recolector.
- D_{RSM} = 400 - 500 kg/m³ densidad en Relleno Sanitario Manual.

Desechos sólidos:

Cualquier producto deficiente, inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono, o del cual quiere desprenderse.

Drenaje:

Es la rapidez con que los suelos se secan después de un aguacero.

Lixiviado o percolado:

El líquido percolado es producido fundamentalmente por las aguas lluvias que se infiltran a través del material de cobertura y atraviesan las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes, y además por la humedad (H₂O) propia de las basuras que es de un 45 a 60%.

Reciclaje:

Es el procedimiento por el cual, las basuras se separan, recogen, clasifican y almacenan para finalmente reincorporarlas como materia prima al ciclo productivo.

Residuo sólido:

Se entiende por residuo sólido, todo objeto, sustancia o elementos en estado sólido, que se abandona, bota o rechaza.

Residuo sólido comercial:

Aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como: almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

Residuo sólido doméstico:

El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

Residuo sólido industrial:

Aquel que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

Residuo sólido institucional:

Aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.

Residuo sólido patógeno:

El que por sus características y composición puede ser reservorio o vehículo de infección.

Período de diseño:

Es el período de tiempo para el cual se considera funcional esta obra de saneamiento para atender las necesidades de una comunidad. En él intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto técnico y económicamente aconsejable.

Precipitación:

Es el agua atmosférica que cae al suelo en estado líquido o sólido, tal como la lluvia, nieve, y granizo. La intensidad y frecuencia de la precipitación deben ser previstas en la construcción del RS, para adoptar las dimensiones apropiadas de los canales de drenaje.

Vectores:

Son seres que actúan en la transmisión de enfermedades llevando de un enfermo o un reservorio, el agente de la enfermedad hasta una persona sana. Generalmente estos vectores son invertebrados y pueden realizar la transmisión en forma mecánica simple. Puede ser vector biológico, es decir, que el agente infeccioso necesita invadir el organismo del vector, sufrir un ciclo de transformación y diseminarse en su organismo para poder transmitir la enfermedad al huésped. En el primer caso está la mosca que arrastra en sus extremidades o trompas, los agentes infecciosos y los deposita simplemente en los alimentos que consume el hombre; en el segundo están el mosquito anophelino o el piojo, en relación con el paludismo y el tifo, respectivamente.

Vida útil:

Es el período de tiempo en que el RS estará apto para recibir basura continuamente. El volumen de basura y tierra depositados en ese período, es igual al vacío entre la superficie del terreno preparado para recibir la basura (original o excavado) y la superficie final del relleno.

REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS

Racional: Los seres que actúan en la transmisión de enfermedades llevan a su vez el término a un agente de la enfermedad para una persona sana. Normalmente estos vectores son insectos y pueden realizar la transmisión en forma mecánica simple. Puede ser vector biológico, es decir, que el agente patológico necesita vivir el organismo del vector para su ciclo de transformación y desarrollarse en su organismo para poder transmitir la enfermedad al huésped. En el primer caso está la mosca que transmite en sus extremidades o trompas, los agentes infecciosos y los deposita simplemente en los alimentos que consume el hombre; en el segundo está el mosquito anopheles o el que transmite el paludismo y el que transmite la malaria.

Vida útil: Es el período de tiempo en que el RS está apto para volver a ser transmitido. El volumen de basuras y la temperatura de las basuras, así como el tipo de basuras que se depositan en ellas, influyen en la vida útil de los vectores.

Resistencia: La capacidad que tienen los vectores para resistir a las condiciones ambientales que les rodean, como la temperatura, la humedad, la luz, etc.

Resistencia a los plaguicidas: La capacidad que tienen los vectores para resistir a los plaguicidas que se aplican para controlarlos.

Período de latencia: El tiempo que transcurre desde que el vector adquiere el agente patológico hasta que es capaz de transmitirlo a una nueva persona.

Practicas: Las practicas que se deben seguir para controlar los vectores, como la eliminación de los lugares de cría, el uso de plaguicidas, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AINSA. Desechos Sólidos: Generación, Almacenamiento, Recolección, Disposición. Medellín, septiembre 1987. Universidad de Medellín. Oficina de Estudios y Proyectos.
2. CELIS, María S. El control de los vectores de enfermedades. Universidad de Medellín. Facultad de Salud Pública. Universidad de Antioquia. Medellín, 1987.
3. COTRAN, Álvaro. Basuras. Editorial Nacional de Desempeño. Bogotá, agosto de 1989.
4. COLLAZOS, Hugo. Higiene ambiental. Editorial San Carlos. Medellín, febrero de 1988.
5. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DE ANTIOQUIA. Oficina de Salud San Carlos "El Chaguajo" (Etapa). Medellín, febrero 1989.
6. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DE ANTIOQUIA. Oficina de Salud San Carlos "El Chaguajo" (Etapa). Medellín, 1987.
7. EXPRESO Y VECES DE MEDIO. Desde Héroles San Carlos "Piso de Piedra". Oficina de Salud San Carlos "El Chaguajo" (Etapa). Medellín, febrero 1989.
8. ESCUELA DE SALUD PÚBLICA. Universidad de Medellín. Salud de una zona (Diagnóstico y propuesta). Municipio de Medellín. Medellín, 1977.
9. HERRERA, José. Basuras y salud en Colombia. Bogotá, 1987.
10. JACOB, María y MARCO, Oscar. Salud y medio ambiente. Bogotá. Editorial "El Financiero". Facultad de Medicina. Universidad de Antioquia. Medellín, 1988.
11. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 174 de 1983. Instituto Colombiano de Salud. Bogotá.
12. PÉREZ, A. Desechos sólidos. Medellín, 1980.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AINSA. Desechos Sólidos: Generación, Almacenamiento, Recolección, Disposición, Reciclaje. Medellín, septiembre 1987, Memorias Curso Desechos Sólidos y Reciclaje.
2. CELIS, Juan G. Et. al. Estudio de Aseo Urbano - El Peñol, Antioquia (Diagnóstico y Proyecto), Facultad de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, 1987.
3. CETESB, Aterro Sanitario. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano, mayo de 1979.
4. COLLAZOS, Héctor y HERNANDEZ, Leoncio. "Relleno Sanitario Manual". Revista ACODAL, Nº 87, abril de 1979.
5. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DE ANTIOQUIA. Diseño Relleno Sanitario Manual "El Chagualo" I Etapa, Medellín - Colombia, 1986.
6. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DE ANTIOQUIA. Informe Evaluación -RSM- "El Chagualo" Medellín - Colombia, 1987.
7. EMPRESAS VARIAS DE MEDELLIN. Diseño Relleno Sanitario "Plaza de Ferias" - Informe Final. Compañía Colombiana de Consultores. Medellín - Colombia, 1984.
8. FACULTAD DE SALUD PUBLICA. Universidad de Antioquia. Estudio de Aseo Urbano (Diagnóstico y Proyecto) Municipio de Apartadó. CORPOURABA, Medellín, 1981.
9. HADDAD, José. Disposición Final de Residuos Sólidos. Cepis, 1981.
10. JIMENEZ, Hilda y MARIN, Orfa. Estudio de Aseo Urbano. Amagá - Antioquia (Diagnóstico y Proyecto). Tesis de Grado. Facultad de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Medellín, 1985.
11. MINISTERIO DE SALUD, Decreto 2104 de 1983, Residuos Sólidos. República de Colombia.
12. OROZCO, A. Desechos Sólidos: Una aproximación racional para su recolección, transporte y disposición. Universidad de Antioquia, Medellín, 1980.

13. RIVERO, F. J. Aterro Sanitario. Simposio Paranaense de Destinaçao Final das Residuos Sólidos Urbanos em Curitiba, Sao Paulo, 1983.

14. SAKURAI, K. Cálculo del Volumen del Relleno. Nota Técnica. CEPIS. Lima, Perú.

15. SAKURAI, K. Diseño de Zanja de Interceptación. Nota Técnica. CEPIS. Lima, Perú.

16. SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA. "Instructivo Sanitario". Ed. Limusa, México, 1980.

17. STECH, Pedro José, et. al. Aterro Sanitario em Valas. Divisao de Residuos Sólidos Domésticos.

18. TORRES NIETO, Alvaro y VILLATE B., Eduardo. "Topografía", 2a. edición, Norma, Bogotá, Colombia, 1968.

ANEXOS	Página
I. DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL	110
1.0. INFORMACION BASICA	111
1.1. Características de los Residuos Sólidos	111
1.1.1. Composición	111
1.1.2. Características de la Partícula	112
1.2. Aspectos Generales del Relleno Sanitario	112
1.2.1. Producción y Disposición	112
1.2.2. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.3. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.4. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.5. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.6. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.7. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.8. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.9. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.10. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.11. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.12. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.13. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.14. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.15. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.16. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.17. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.18. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.19. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.20. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.21. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.22. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.23. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.24. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.25. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.26. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.27. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.28. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.29. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.30. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.31. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.32. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.33. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.34. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.35. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.36. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.37. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.38. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.39. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.40. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.41. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.42. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.43. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.44. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.45. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.46. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.47. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.48. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.49. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.50. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.51. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.52. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.53. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.54. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.55. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.56. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.57. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.58. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.59. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.60. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.61. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.62. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.63. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.64. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.65. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.66. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.67. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.68. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.69. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.70. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.71. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.72. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.73. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.74. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.75. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.76. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.77. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.78. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.79. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.80. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.81. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.82. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.83. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.84. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.85. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.86. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.87. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.88. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.89. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.90. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.91. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.92. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.93. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.94. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.95. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.96. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.97. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.98. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.99. Características del Relleno Sanitario	113
1.2.100. Características del Relleno Sanitario	113
II. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	140
III. PROYECTO DE ACUERDO MUNICIPAL	147

Los Anexos están orientados básicamente hacia los Tecnólogos en Saneamiento e Ingenieros interesados en el tema de los Desechos Sólidos, completando así la información necesaria para acometer el diseño de un Relleno Sanitario Manual.

ANEXOS

13. RIVERO, F. J. Atorno Sanitario. Síntesis de la Conferencia de Destino Final de los Residuos Sólidos Urbanos en Caracas. Sao Paulo, 1983.

14. SAKURAI, K. Cálculo del Volumen del Relleno. Nota Técnica. CEPIS. Lima 1984.

15. SAKURAI, K. Cálculo del Volumen del Relleno. Nota Técnica. CEPIS. Lima 1984.

16. SAKURAI, K. Cálculo del Volumen del Relleno. Nota Técnica. CEPIS. Lima 1984.

17. SAKURAI, K. Cálculo del Volumen del Relleno. Nota Técnica. CEPIS. Lima 1984.

18. SAKURAI, K. Cálculo del Volumen del Relleno. Nota Técnica. CEPIS. Lima 1984.

Los Anexos están orientados básicamente hacia los Técnicos en Saneamiento e Ingenieros interesados en el tema de los Desechos Sólidos, también así la información necesaria para acometer el diseño de un Relleno Sanitario Manual.

ANEXOS

ANEXOS

	Página
I. DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL	110
1.0 INFORMACION BASICA	110
1.1 Aspectos demográficos	110
1.1.1 Población	110
1.1.2 Proyección de la población	111
1.2 Aspectos generales de los Desechos Sólidos -DS- ..	111
1.2.1 Producción y composición	111
1.2.1.1 Sector residencial	111
1.2.1.2 Sector comercial	112
1.2.1.3 Sector mercado	112
1.2.1.4 Sector industrial	112
1.2.1.5 Barrido de vías y áreas públicas	112
1.2.1.6 Sector institucional	112
1.3 Proyección de la producción total de desechos sólidos	113
1.4 Densidad de los desechos sólidos	114
2.0 CALCULO DEL AREA REQUERIDA	115
3.0 DISEÑO DE LAS CELDAS	115
4.0 CALCULO DE LA MANO DE OBRA	116
5.0 CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TERRENO	117
5.1 Volumen longitudinal alrededor de un eje	117
5.2 Volumen a partir de las curvas de nivel	121
II. NOCIONES DE DIBUJO Y TOPOGRAFIA	133
1.0 DIBUJO A ESCALA	133
2.0 TRAZO Y MEDICION DE ALINEAMIENTOS	133
3.0 TRAZO DE UNA PERPENDICULAR DESDE UN PUNTO FUERA DEL ALINEAMIENTO	134
III. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE UN TERRENO CON MANGUERA	136
1.0 ELEMENTOS INDISPENSABLES	137
2.0 LEVANTAMIENTO DE UN LOTE CON CINTA METRICA	138
3.0 NIVELACION DE UNA LINEA	140
4.0 NIVELACION DE UNA FAJA DE TERRENO	142
IV. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION	147
V. MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	148
VI. PROYECTO DE ACUERDO MUNICIPAL	150

ANEXO I

DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL

1.0 INFORMACION BASICA

1.1 Aspectos demográficos

1.1.1 Población

El conocimiento de la población a servir es necesario para definir las cantidades de desechos sólidos -DS- que se han de disponer. Es de anotar que la producción de desechos sólidos se debe discriminar entre la producción rural y la urbana. La primera debido a su baja densidad presenta menos exigencias pero es más difícil su recolección. En tanto que la producción urbana es más notoria por razones de concentración, aumento de población, desarrollo tecnológico y urbanístico, mereciendo nuestra atención en este caso. Es obvio que existen comunidades rurales que presentan un grado tal de concentración que en algunos casos son superiores a aquellas denominadas urbanas, de tal modo que este modelo bien podría ser adoptado por ellas, teniendo en cuenta las características propias de cada una.

Los datos de población de cada localidad pueden ser tomados a partir de la información censal oficial. Si no se dispone de los censos suficientes, se puede utilizar el método comparativo, teniendo como condición necesaria para ello, el que se conozcan censos suficientes de una población de similares características a la objeto de estudio, la cual debe contar al menos con un censo de población.

En Colombia contamos con los datos de los censos (mayo) 1951, (julio) 1964, (octubre) 1973, (octubre) 1985.

1.1.2 Proyección de la población

Es además de suma importancia estimar la producción en el futuro, para definir las cantidades de desechos sólidos que se deben disponer durante el período de diseño, lo cual hace obligatorio una proyección de la población, al igual que en cualquier obra de servicio público.

El crecimiento poblacional se podrá estimar por métodos matemáticos o históricos.

De los métodos matemáticos se presenta como guía, el crecimiento geométrico, o sea el de las poblaciones biológicas en expansión, el cual asume una tasa de crecimiento constante. La siguiente expresión nos muestra su cálculo:

$$P_f = P_o (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 1-1}$$

Donde:

P_f = Población futura

P_o = Población actual

1 = Constante

r = Rata de crecimiento anual

n = $t_f - t_o$ Intervalo de tiempo, en años.

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

1.2 Aspectos generales de los desechos sólidos

1.2.1 Producción y composición

Los desechos sólidos en las áreas urbanas menores de 40.000 habitantes se pueden discriminar de acuerdo con su procedencia en: residencial, comercial, industrial, mercado, barrido de vías y áreas públicas e institucional.

1.2.1.1 Sector residencial

De los estudios realizados por Planeación Departamental de Antioquia para el diseño de las tarifas no se encontraron grandes diferencias entre la estratificación por niveles socio-económicos para estos tamaños de población, lo que repercute mínimamente en la producción total de basuras.

Las basuras o desechos sólidos domésticos están compuestos de papel, cartón, latas, plásticos, vidrios, trapos y materia orgánica putrescible principalmente.

1.2.1.2 Sector comercial

El comercio no representa altos índices en la producción de desechos sólidos, dado que en estas localidades no es muy desarrollado, y en general la actividad comercial se combina con la vivienda.

La composición de los desechos es similar a los de tipo residencial, con una mayor proporción en los materiales de empaque, o sea papel, cartón, y plástico.

1.2.1.3 Sector mercado

El mercado presenta un carácter más definido, dado que allí se concentran los expendios de carnes, vegetales, frutas y otros.

La composición de estos desechos casi en su totalidad son de tipo orgánico y un bajo porcentaje es material de empaque.

1.2.1.4 Sector industrial

La actividad industrial generalmente es baja y de tipo artesanal, compatible con el uso residencial, por lo tanto es de esperar que sus desechos sólidos no presenten características especiales, salvo algunas excepciones. Por lo tanto no es representativo en el análisis para estas pequeñas poblaciones.

1.2.1.5 Barrido de vías y áreas públicas

El servicio de barrido de vías y limpieza de áreas públicas tales como el parque principal, el mercado, la plaza de ferias y en los lugares costeros las playas, contribuyen a la producción de desechos. Estos están compuestos básicamente de hojas, hierba, cáscaras y frutas, además, papeles, plásticos, palos y un alto contenido de tierra.

1.2.1.6 Sector Institucional

Para el caso de establecimientos especiales como escuelas y colegios, se puede considerar sin un gran margen de error, que su producción de desechos sólidos no es muy significativa con respecto al resto, siendo su composición similar a las anteriores.

Los desechos del hospital o centros de salud, aunque en algunos casos son de mediana magnitud, no es necesario considerarlos como un sector que incida de manera importante en la producción total de desechos, pues la capacidad en camas es generalmente baja. En cuanto a su calidad es necesario distinguir entre los residuos propios de toda vivienda (de la limpieza, cocina, basura común)

y de los originados por las actividades específicas tales como gasas, vendas, algodón, vísceras provenientes del quirófano, etc., a los cuales se pueden llamar "desechos patológicos".

Desde el punto de vista de almacenamiento y recolección, estos desechos deben ser presentados en forma separada y en bolsas cerradas de polietileno, evitando en lo posible el derrame del contenido, y el contacto por el personal de recolección, no obstante la utilización de guantes y ropa adecuada.

La disposición final de estos residuos, deberá ser en lo posible local, ya sea, con la construcción de un pozo de dimensiones adecuadas, tratando que la profundidad se encuentre siempre a no menos de 2 metros de la capa freática, para lograr un enterramiento sanitario, o mediante la incineración.

De ser recogidos por la municipalidad, deben tomarse las medidas antes mencionadas y su disposición final, podrá realizarse en el Relleno Sanitario Manual.

De la producción y composición de los desechos que serán manejados en estas pequeñas comunidades podemos concluir que no presentan diferencias significativas en su composición física que ameriten estudios exhaustivos, de tal manera que bien podrán ser asimilados como desechos domésticos, así mismo para el cálculo de producción, el sector residencial es predominante, siendo las demás actividades tan incipientes que su consideración no alcanza a afectar apreciablemente la cantidad total de desechos, salvo pocas excepciones.

La composición química de los DS en nuestro caso no es muy importante, dado que para el sistema de disposición final -Relleno Sanitario-, tiene poca utilidad.

1.3 Proyección de la producción total de desechos sólidos

La producción anual de DS se debe estimar con base en la proyección de la población, y la producción per cápita.

La producción per cápita, ppc (kg/hab-día), se puede calcular así:

$$ppc = \frac{\text{Peso global de la basura recolectada en una semana}}{\text{Población área urbana} \times 7 \text{ días} \times \text{cobertura del servicio (\%)}}$$
$$ppc = \frac{\text{kg}}{\text{hab/día}}$$

Ecuación 1-2

Es de anotar que los estudios de aseo urbano realizados para algunos munici-

pios antioqueños, de las características que se analizan en este trabajo, han presentado rangos de ppc entre 0.30 y 035 kg/hab-día. Los valores anteriores se podrían asumir para casi la totalidad de estas poblaciones, no sólo en esta región, sino también en el país, puesto que como comentamos anteriormente se trata de desechos de procedencia doméstica en su mayoría * (Referencias 2, 5, 8, 10, 12). Sin embargo, en aquellos lugares turísticos deben considerarse los desechos dejados por la población flotante que los visita.

Lo anterior es importante si se tienen en cuenta los costos necesarios para una investigación de campo, que no se justifica para estos casos.

De otro lado, conviene anotar que difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar año a año la producción per cápita de basuras -ppc- para tratar de evaluar estas variaciones.

No obstante para obviar lo anterior, y a sabiendas de que con el desarrollo y el crecimiento urbanístico y comercial de una población, los índices de producción aumentan, se recomienda una rata del 1% anual para la producción total.

1.4 Densidad de los desechos sólidos

En el relleno sanitario manual, para efectos del diseño de las celdas se podrá asumir densidades entre 400 - 500 kg/m³, las cuales son posibles conseguir mediante una compactación homogénea. La compactación incide tanto en la estabilidad del relleno como en la vida útil del sitio, los niveles anteriores han sido alcanzados en el RSM "El Chagualo", el cual sirve a la comunidad de Marinilla (Ant.).

El aumento de la densidad de los DS en el RSM se logra entre otras cosas por:

- El apisonado manual, mediante el uso del rodillo y pisones de mano periódicamente.
- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas. En verano este factor se debe aprovechar.
- La separación de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros desde el origen para su reciclaje, dado que difícilmente se dejan compactar. Esta práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, otros tales como: una menor cantidad de DS a enterrar, aumentando por lo tanto la vida útil del sitio, amén de la reserva de recursos naturales.

* Para el caso de Medellín, la producción de DS se calculó con base en una ppc equivalente de 0.5 kg/habitante-día, teniendo como ppc (residencial) un valor de 0.33 kg/habitante-día.

2.0 CALCULO DEL AREA REQUERIDA

El área requerida para la construcción del RSM es un factor importante que se debe conocer. Obviamente el área puede variar dependiendo de la profundidad que se estime para el relleno.

El RSM debe proyectarse para un mínimo de cinco años, aunque preferiblemente debe ser suficiente a diez años. Sin embargo, a veces es necesario proyectarlo para menos de cinco años, ante la dificultad de encontrar terrenos disponibles.

A este tiempo de cinco años lo llamaremos período de diseño. Otra información importante es la producción total de DS por día y por año, la cual se obtiene como ya se mencionó a partir del crecimiento poblacional y la producción per cápita -ppc-.

Así mismo, la densidad del Relleno Sanitario -D_{RS}- y la cantidad de material de cobertura -mc-, son factores decisivos.

Finalmente es necesario considerar un área adicional para vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para instalaciones sanitarias, etc. Esta se considera en un 20% - 40% del total. De este modo el volumen para el RS, V_{RS} se calcula como sigue:

$$V_{RS} = 365 \times \text{Pob.} \times \text{ppc} \times \text{mc} / D_{RS} \quad \text{Ecuación 1-3}$$

$$= \frac{\text{días}}{\text{año}} \times \frac{\text{hab} \times \text{kg}}{\text{hab.} \times \text{día}} \times (\%) / \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$V_{RS \text{ Total}} = \sum_i^n V_{RS_i} \quad \text{y el área } A_{RS} \quad \text{será:}$$

$$A_{RS} = 1.30 V_{RST} / h_{RS} \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{Ecuación 1-4}$$

Donde:

- 1.30 es el aumento del área adicional requerida promedio.
- h_{RS} profundidad o altura del RS.

3.0 DISEÑO DE LAS CELDAS

Las celdas están conformadas por desechos sólidos y material de cobertura.

Serán dimensionadas con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento y que proporcionen una plaza de trabajo suficiente.

Cálculo de una celda típica diaria:

$$DS_{RSM} = \frac{7 \text{ Pob} \times \text{ppc} \times \text{Cob}}{\text{d. hab.}} \quad \text{Ecuación 1-5}$$

Donde:

- DS_{RSM} = Desechos sólidos en el relleno sanitario manual.
- Pob = Población área urbana.
- ppc = Producción de DS por habitante por día.
- Cob = Cobertura del servicio de aseo (%).
- $\text{Pob} \times \text{ppc} \times 7$ = Generación de desechos sólidos en una semana (7 días)
- dhab. = Días hábiles o laborables en una semana (5 ó 6 días).

4.0 CALCULO DE LA MANO DE OBRA

La mano de obra necesaria en la operación manual del relleno sanitario para jornadas de ocho horas, con un tiempo de trabajo neto de seis horas, es posible estimarla así: (Referencia 4).

Operación

- | Operación | Rendimiento |
|--|----------------------------------|
| • Movimiento de tierra (aflojando tierra y paleándola). | 0.37 m ³ /hora/hombre |
| • Movimiento de basura (paleando la basura dejada por el vehículo, organizando la celda con un rastrillo en capas de 20 cm y compactándola con pisones y rodillo). | 0.95 ton/hora/hombre |
| • Compactación de la basura | 20 m ² /hora/hombre |
| • Compactación de la celda terminada (basura + material de cobertura) | 20 m ² /hora/hombre |

Además del número de hombres que ejecutarán las labores propias de la construcción de celdas, es necesario sumar otro que en calidad de Supervisor maneje y dirija las operaciones en el RSM.

Para el cargo de Supervisor, teniendo en cuenta que el disponer de un profesional capacitado en aseo urbano sería costoso, se recomienda contratar un individuo con las siguientes características:

- Tecnólogo en Saneamiento, o
- Promotor de Saneamiento, en lo posible con experiencia en saneamiento ambiental, o
- Bachiller.

Es de anotar que la "presencia del Supervisor" en el relleno sanitario manual es importante durante toda la jornada de trabajo en los primeros meses. Con la experiencia de trabajo, el tiempo de permanencia es posible reducirlo a dos horas diarias, una hora en la mañana y otra en la tarde. Así se podría dedicar a la supervisión del aseo urbano en general y velar por la mejor prestación del servicio.

Esta labor de supervisión, en última instancia, 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.

5.0 CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TERRENO

Para estimar la vida útil del relleno, es preciso calcular la capacidad disponible del terreno para recibir los desechos sólidos y el material de cobertura necesario. Se presentan dos métodos sencillos para calcular estos volúmenes, los cuales pueden servir también para estimar el movimiento de tierra en la adecuación del terreno y el tiempo requerido por el equipo —buldozer— de acuerdo con los requerimientos de trabajo.

5.1 Volumen longitudinal alrededor de un eje

A partir del eje del proyecto —poligonal— de la nivelación por franjas de un terreno, se calcula el volumen entre dos secciones transversales consecutivas, multiplicando el promedio de las áreas de las secciones, por la distancia que las separa (para estar más ceñido a la realidad se recomiendan tramos de 20 m). Ver Fig. 1.1.

El volumen entre las secciones A1 y A2 estará dada por:

$$V = \frac{A1 + A2}{2} \times L \quad \text{Ecuación 1-6}$$

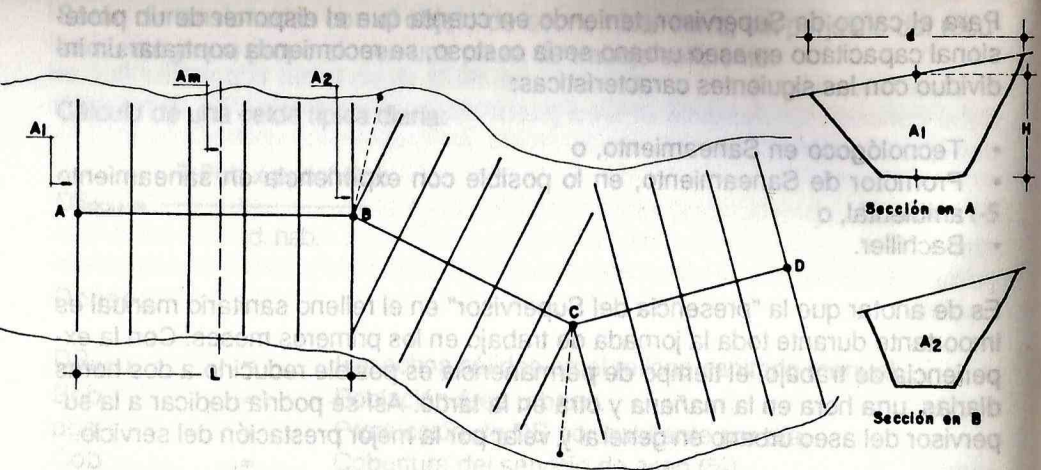


Figura 1.1. Nivelación de una faja de terreno.

Donde:
 A_1, A_2 = Son las áreas de las secciones transversales en los puntos A y B respectivamente (m^2).
 L = Es la distancia entre las secciones A_1, A_2 (m).

Esta fórmula será más precisa a medida que A_1 y A_2 tiendan a ser iguales. En general la precisión de este primer método es más que suficiente, puesto que se supone que el terreno será nivelado uniformemente entre las dos secciones, aunque se sabe que el volumen real es un poco diferente.

No obstante, si se requiere de una mayor precisión o el valor de las dos áreas es bastante diferente entre sí, se puede calcular el volumen como si fuera un prismaoide (Referencia 17) o sea:

$$V = \frac{L}{6} (A_1 + 4 A_m + A_2) \quad \text{Ecuación 1-7}$$

Donde:
 A_m : Es el área de la sección media (no el promedio entre A_1 y A_2)

En general los valores obtenidos por el primer método resultan un poco mayores que empleando la fórmula del prismaoide.

Ejemplo 1 - Cálculo del volumen entre secciones.

Calcular el volumen comprendido entre las secciones A_1 y A_2 distantes entre sí 100 m. (Figs. 1.2 y 1.3).

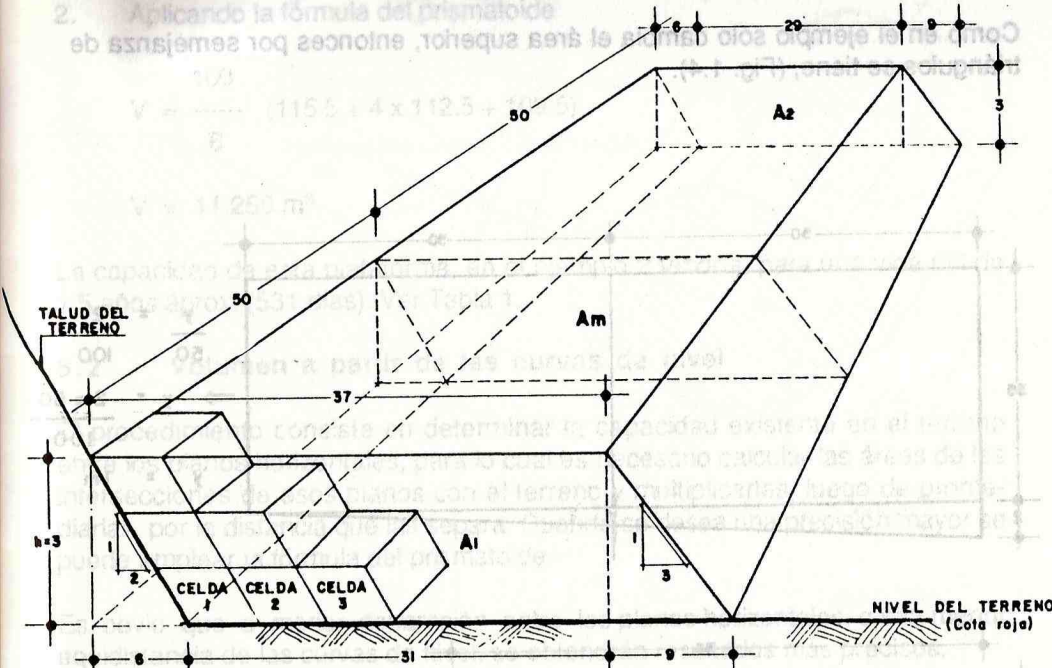
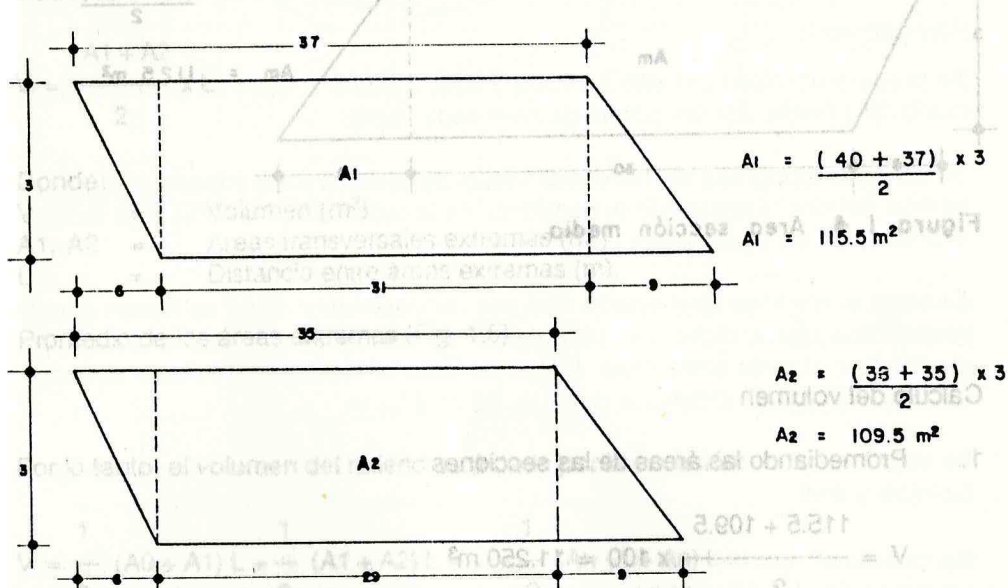


Figura 1.2. Volumen de una plataforma - Prismaoide



$$A_1 = \frac{(40 + 37) \times 3}{2}$$

$$A_1 = 115.5 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{(35 + 35) \times 3}{2}$$

$$A_2 = 109.5 \text{ m}^2$$

Figura 1.3 Secciones transversales externas del ejemplo.

Se calcula ahora, el área Am de la sección media. Es de anotar que para mayor facilidad se asumen superficies rectas.

Como en el ejemplo sólo cambia el área superior, entonces por semejanza de triángulos se tiene, (Fig. 1.4).

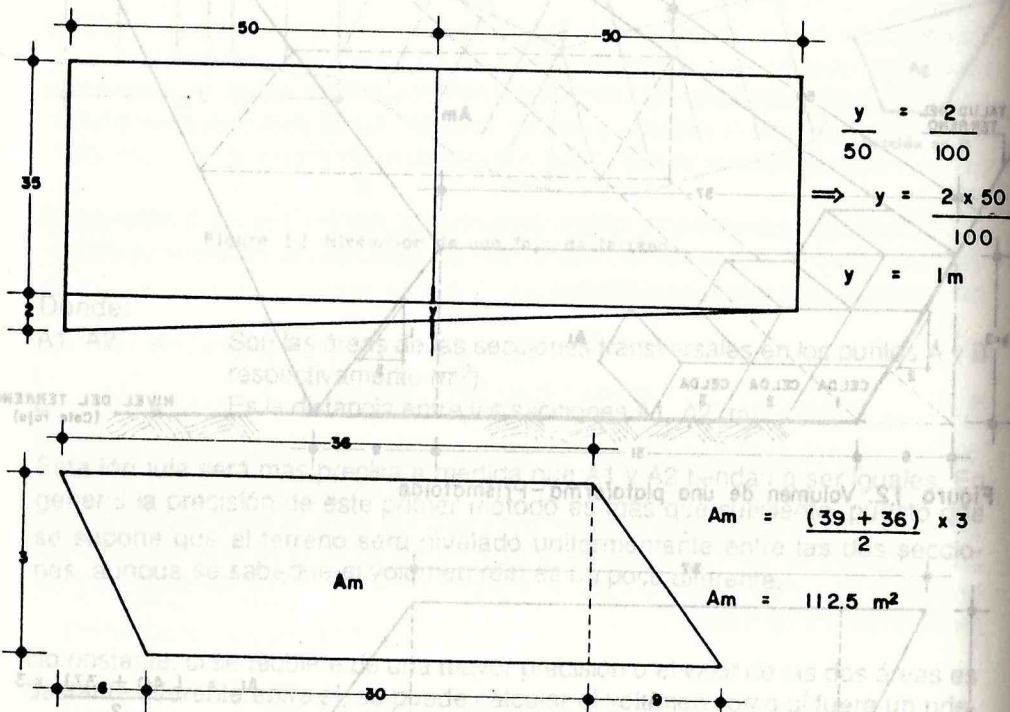


Figura 1.4 Area sección media.

Cálculo del volumen

1. Promediando las áreas de las secciones

$$V = \frac{115.5 + 109.5}{2} \times 100 = 11.250 \text{ m}^3$$

2. Aplicando la fórmula del prismaoide

$$V = \frac{100}{6} (115.5 + 4 \times 112.5 + 109.5)$$

$$V = 11.250 \text{ m}^3$$

La capacidad de esta plataforma, en el ejemplo 2 tendría, para una vida útil de 1.5 años aprox. (531 días). Ver Tabla 1.

5.2 Volumen a partir de las curvas de nivel

El procedimiento 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 distancia que las separa. Cuando se desea una precisión mayor se puede emplear la fórmula del prismaoide.

Es obvio que a menor separación entre los planos horizontales, o sea menor equidistancia de las curvas de nivel, se obtendrán resultados más precisos.

Se parte de la ecuación 1-6

$$V = \frac{A1 + A2}{2} \times L$$

Donde:
 V = Volumen (m³)
 A1, A2 = Áreas transversales extremas (m²)
 L = Distancia entre áreas extremas (m).

Promedio de las áreas extremas (Fig. 1.5)

Por lo tanto, el volumen del relleno está dado por la ecuación:

$$V = \frac{1}{2} (A0 + A1) L + \frac{1}{2} (A1 + A2) L + \dots + \frac{1}{2} (An-1 + An) L$$

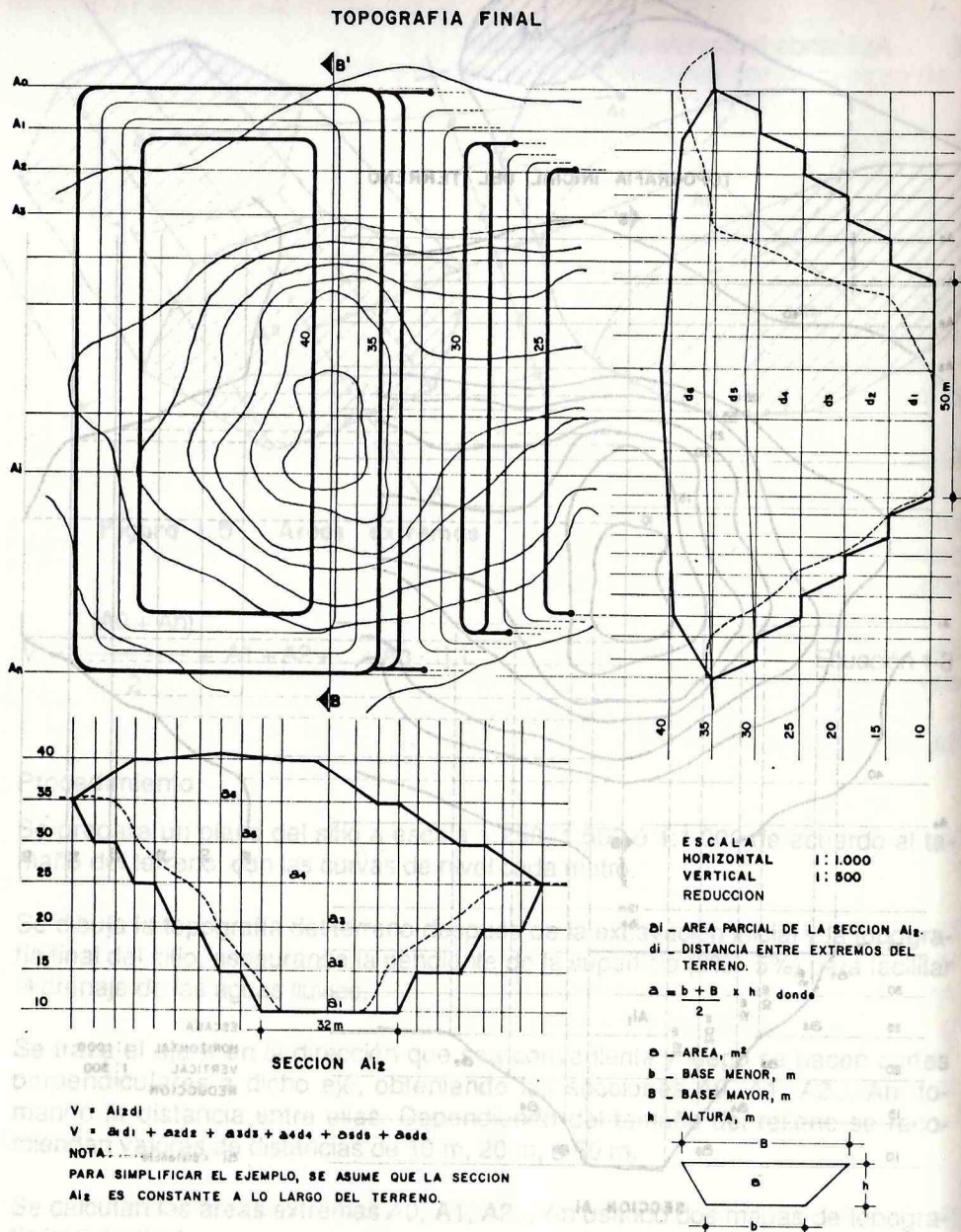


Figura 1.7 Topografía final del terreno.

Ejemplo 2 - Cálculo de la producción de DS y área requerida para un relleno sanitario.

A continuación se presenta el cálculo de la producción de DS y el diseño de un RSM, para un municipio que desea clausurar el botadero a cielo abierto que tiene en la actualidad.

1. Parámetro de diseño

1.1 Población

Para el área urbana a servir, se cuenta con los siguientes datos censales de población:

Censo	Habitantes	Tasa de crecimiento % anual
1951	7.854	2.56
1964	10.910	2.40
1973	13.506	2.65
1985	18.485	

1.2 Tasa de crecimiento

El crecimiento poblacional en este caso se mantiene más o menos constante, por lo tanto se asumirá la rata de crecimiento del 2.65% anual, de los últimos años, como la más representativa para realizar los cálculos de proyección de la próxima década.

1.3 Proyecciones de población y desechos sólidos

La población del año 2000 será estimada con el método de crecimiento geométrico, por medio de la ecuación 1-1. Ver Tabla 1, columna 1.

$$P_f = P_o (1 + r)^n$$

$P(1985) = P_o = 18.485 \text{ hab}$ $r = 2.65\% (0.0265)$

$P(1988), \dots, P(2000)?$

$P(1988) = 18.485 (1 + 0.0265)^3$ $n = 3$

$P(1988) = 19.994 \text{ hab} \approx 20.000 \text{ hab}$

$P(2000) = 18.485 (1 + 0.0265)^{15}$ $n = 15$

$P(2000) = 27.366 \text{ hab.}$

1.4 Producción de desechos sólidos —DS—

Los DS a ser llevados al RSM son principalmente de origen doméstico y la producción per cápita se estimó de acuerdo con el volumen recolectado en una semana, o sea de 176 m³, equivalentes a 30 viajes de 6 m³ cada uno, con una densidad de 250 kg/m³ adquirida en el vehículo recolector (remolque sin compactación, tirado por un tractor agrícola).

Entonces de la ecuación 1-2 tenemos:

$$ppc = \frac{176 \text{ m}^3 \times 250 \text{ kg/m}^3}{19.994 \text{ hab} \times 7 \text{ días} \times 0.9} = 0.349 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}}$$

$$ppc (1988) = 0.349 \text{ kg/hab. día}$$

Esta producción per cápita se espera aumente en un 1% anual.

$$ppc (1989) = 1.01 \times 0.349 = 0.353$$

Ahora se calcula la producción de DS por día y por año.

- Producción DS (diaria) = 19.994 hab x 0.349 kg/hab. día = 6.978 kg/día
Col. (3)

- Producción DS (anual) = (6.978 kg/día) x (365 días/año) x (1 ton/1000 kg) = 2.547 ton/año
Col. (4)

Así sucesivamente se realiza el cálculo para cada año.

2.0 Area requerida para el RSM

Para estimar el área requerida, y diseñar el RSM es necesario conocer los volúmenes de DS a ser recibidos diaria y anualmente. A partir de la densidad de los desechos y la cantidad de material de cobertura se tiene:

$$D_V = 250 \text{ kg/m}^3 \text{ (densidad en el vehículo)}$$

$$D_{RSM} = 400 \text{ kg/m}^3 \text{ (densidad en el RSM)}$$

Se sabe que $D = M/V$

Donde:

$$D = \text{Densidad, kg/m}^3$$

$$M = \text{Masa, kg}$$

$$V = \text{Volumen, m}^3$$

Entonces: Para el primer año (1988) el RSM operará cinco (5) días por semana, luego el volumen de DS diario en el relleno, será:

$$V = \frac{6.978 \text{ kg/día} \times 7}{250 \text{ kg/m}^3 \times 5} = 39.1 \text{ m}^3 \text{ recibidos diariamente} \quad \text{Col. (6)}$$

y el volumen recibido el primer año:

$$V = \frac{2.547 \text{ ton/año}}{250 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ ton/1000 kg}} = 10.188 \text{ m}^3/\text{año} \quad \text{Col. (7)}$$

Teniendo en cuenta que los desechos sólidos serán compactados manualmente, se estimará una $D_{RSM} = 400 \text{ kg/m}^3$, aunque esta densidad podría aumentarse a 500 kg/m³ o más, a medida que el relleno se estabiliza. Para efectos de cálculo una menor densidad nos permite cierto margen de seguridad al evaluar la capacidad y vida útil del sitio. Así el volumen ocupado por los DS una vez compactado será:

$$V = \frac{6.978 \text{ kg/día} \times 7}{400 \text{ kg/m}^3 \times 5} = 24.4 \text{ m}^3 \quad \text{y} \quad \text{Col. (8)}$$

$$V = \frac{2.547 \text{ ton/año}}{400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ ton/1.000 kg}} = 6.368 \text{ m}^3/\text{año} \quad \text{Col. (9)}$$

No obstante, para calcular el volumen real ocupado es necesario tener en cuenta el espacio para el material de cobertura, en este caso se asume en un 20% del total de DS enterrados, o sea:

$$V \text{ Relleno} = \text{desechos sólidos} + \text{tierra (20\%)} \\ = 1.20 \times 6.368 \text{ m}^3/\text{año} = 7.642 \text{ m}^3 \\ V = 7.642 \text{ m}^3 \text{ para el primer año} \quad \text{Col. (10)}$$

Otro factor determinante para conocer el área es la altura o profundidad del relleno, y ésta a su vez depende de las condiciones topográficas. Es de anotar que en el RSM "El Chagualo" se han alcanzado 8 metros de altura y el proyecto contempla 12 metros en total.

$$V_{\text{celda}} = \frac{24.5 \text{ m}^3}{\text{día}} \times 1.20 = 29.4 \text{ m}^3/\text{día}$$

Las dimensiones de la celda serán:

h = 1.0 m de altura (0.8 m desechos + 0.2 m tierra) se prefiere esta altura, debido a la baja compactación.

$$\text{Area} = \frac{V_{\text{celda}}}{h} = \frac{29.4 \text{ m}^3/\text{día}}{1.0 \text{ m}} = 29.4 \text{ m}^2/\text{día}$$

Cada celda ocupará un área de 30 m², por tanto, las dimensiones serán:
 Altura = 1.0 m, Largo = 6.0 m (avance), Ancho = 5.0 m.

Alternativa 2 - Celda interdiaria

Cuando la recolección de los DS, se realice durante tres días por semana (lunes, miércoles y viernes) se podrán construir tres celdas por semana, las cuales tendrán las siguientes dimensiones:

$$V_{\text{celda diaria}} = 30 \text{ m}^3 \text{ (5 días de recolección)}$$

$$V_{\text{celda interdiaria}} = 30 \text{ m}^3 \times 5/3 = 50 \text{ m}^3 \text{ (3 días de recolección)}$$

Dimensiones de las celdas

Alternativa	Dimensiones (m)			Volumen (m ³)	Frecuencia
	Largo	Ancho	Altura		
1	6	5	1	30	1 celda/día
2	8	6.25	1	50	3 celdas/sem.

La construcción de tres celdas/semana tiene las siguientes ventajas:

- Menor tiempo de operación por menor número de celdas.
- Se adapta a la recolección de tres días/sem y permite tener un día completo en el RS sin recibir desechos, para darle un mejor cubrimiento y compactación a la celda.
- Menor cantidad de tierra de cobertura.

De lo anterior, se puede concluir que la construcción de tres celdas/sem pre-

senta más ventajas y se pueden llevar a cabo así:

- Celda 1 - Lunes y martes, desechos recolectados el lunes.
- Celda 2 - Miércoles y jueves, desechos recolectados el miércoles.
- Celda 3 - Viernes y sábado, desechos recolectados el viernes.

Obviamente estas medidas dependerán del volumen diario real de DS depositados en el RS y por tanto estarán sujetas a cambios.

Ejemplo 4 - Cálculo de la mano de obra

La mano de obra necesaria para el RSM, se calcula con base en la producción de DS y los cinco días en que se laborará en el relleno.

$$\text{Desechos sólidos a mover + tierra} = \text{celda diaria}$$

$$\text{Volumen diario} = 24.5 \text{ m}^3/\text{día} + 4.9 \text{ m}^3/\text{día} = 29.4 \text{ m}^3/\text{día}$$

De acuerdo con las distintas operaciones y rendimientos se tiene:

Operación Hombre/día

- Movimiento de tierra:

$$\frac{4.9 \text{ m}^3}{0.37 \text{ m}^3/\text{hora/hombre}} \times \frac{1}{6 \text{ horas}} = 2.21 \quad 2$$

- Movimiento de basura:

$$\frac{9.80 \text{ ton}}{0.95 \text{ ton/hora/hombre}} \times \frac{1}{6 \text{ horas}} = 1.72 \quad 2$$

- Compactación de basuras:

$$\text{Area superficial} = 30 \text{ m}^2$$

$$\frac{30 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{hora/hombre}} \times \frac{1}{6 \text{ horas}} = 0.25$$

- Compactación de las celdas = 0.25 0.5

TOTAL 4.5

Para llevar a cabo las operaciones del RSM serán destinados un total de 5 hom-

bres y un Supervisor. El número de hombres puede reducirse en aquellas regiones de poca precipitación, o localidades que empleen el tractor agrícola en el RSM, luego de las actividades de recolección y transporte de los DS.

Como regla general los DS y el material de cobertura deben ser descargados "lo más cerca posible al frente de trabajo", este factor es de vital importancia para evitar el acarreo en coche de larga distancia.

ANEXO II

NOCIONES DE DIBUJO Y TOPOGRAFIA

1.0 DIBUJO A ESCALA

Es una relación de medida que consiste en representar los objetos reales con sus proporciones exactas, en tamaños adecuados para facilitar el trabajo de los proyectistas y los constructores.

Podemos definir como dibujo a escala, la representación exacta de algo en tamaño reducido.

Para el establecimiento de las medidas proporcionales que representan los objetos naturales en escalas adecuadas, o la representación del sistema escogido para las escalas de un plano, se lleva a cabo con las siguientes nomenclaturas:

1:1	(uno en uno)	1:50	(uno en cincuenta)
1:2	(uno en dos)	1:100	(uno en cien)
1:5	(uno en cinco)	1:200	(uno en doscientos)
1:25	(uno en veinticinco)	1:1000	(uno en mil)

El primer número representa la unidad y el segundo las veces en que ésta se ha dividido, para generar dimensiones proporcionales más pequeñas.

Ejemplos:

Escala	1:20	Cada metro es igual a $1/20 = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$
Escala	1:50	Cada metro es igual a $1/50 = 0.02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$
Escala	1:100	Cada metro es igual a $1/100 = 0.01 \text{ m} = 1 \text{ cm}$

2.0 TRAZO Y MEDICION DE ALINEAMIENTOS (Referencia 13)

- Se colocan estacas en los extremos de la línea por medir, y sobre ellas se pondrán jalones.
- Se coloca el observador detrás de uno de los jalones a 4 metros aproximadamente, de modo que vea ambos jalones confundidos en uno solo.
- Luego dos personas (cadeneros) llevarán los extremos de la cinta, el de atrás colocará el principio de ella en la base del primer jalón y el de adelante estirará la cinta, a lo largo del alineamiento fijado por los dos jalones, siguiendo las indicaciones del observador colocado atrás del primer jalón; el de a-

delante llevará varios ganchos que irá colocando al final de cada cintada, de manera que al hacer la siguiente medición, el de atrás coloque el extremo que lleva en el gancho que dejó el de adelante (Fig. 2.1).

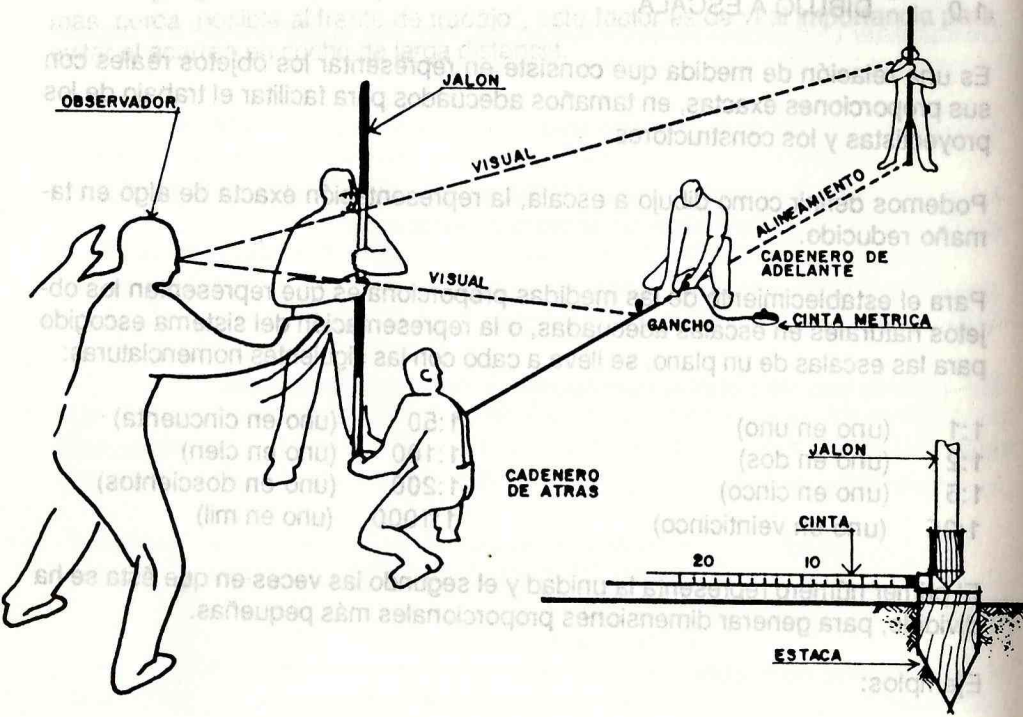


Figura 2.1 Alineamiento

Esta operación se repetirá las veces que sea necesario hasta llegar al otro extremo.

3.0 TRAZO DE UNA PERPENDICULAR DESDE UN PUNTO FUERA DEL ALINEAMIENTO (Referencia 13)

Se coloca una persona sobre el alineamiento mirando hacia el punto donde se desea trazar la perpendicular, con los brazos extendidos, procurando que éstos apunten a cada extremo del alineamiento; en seguida cierra los brazos extendiéndolos hacia el frente, debiendo quedar el punto mencionado en la dirección que en esta posición apunten los brazos.

Si se cuenta con un tamanúa (Fig. 2-2) simplemente se observará por las ranuras.

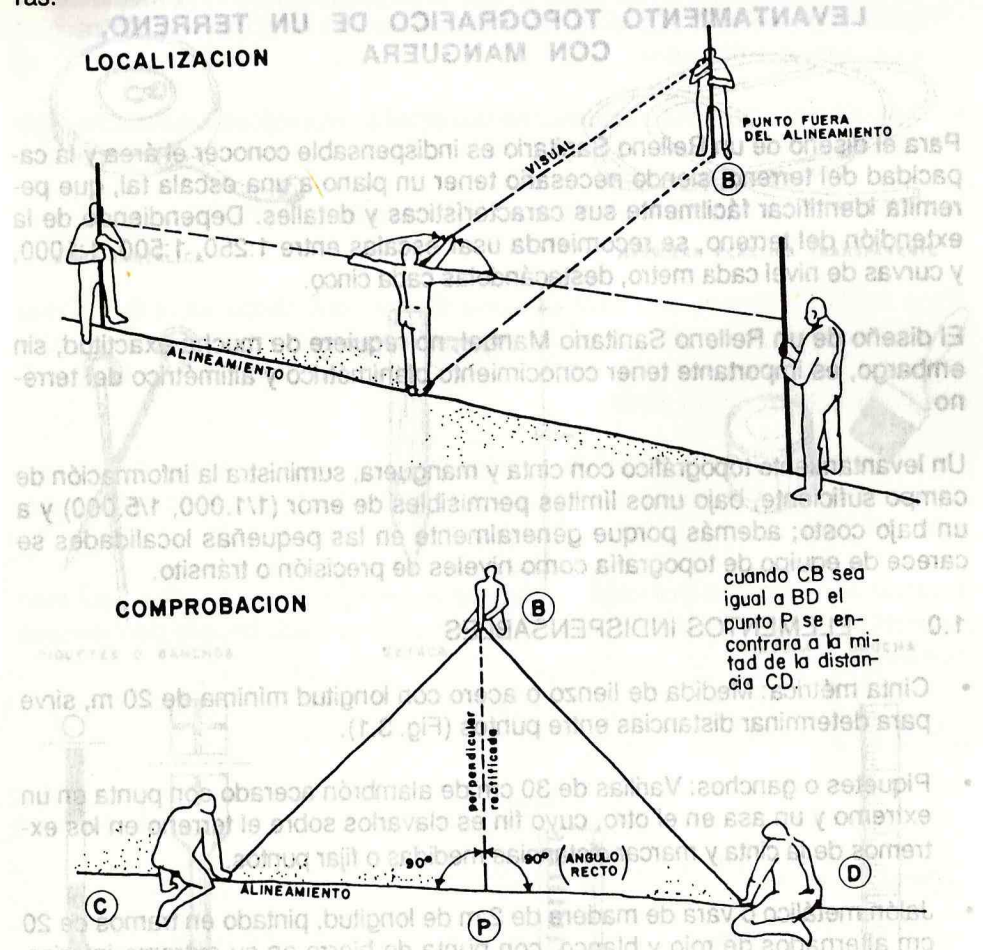
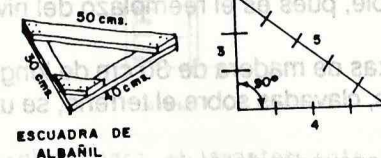


Figura 2.2 Trazo de una perpendicular.

ELEMENTOS DE TRABAJO



ANEXO III

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE UN TERRENO, CON MANGUERA

Para el diseño de un Relleno Sanitario es indispensable conocer el área y la capacidad del terreno, siendo necesario tener un plano a una escala tal, que permita identificar fácilmente sus características y detalles. Dependiendo de la extensión del terreno, se recomienda usar escalas entre 1:250, 1:500, 1:1000, y curvas de nivel cada metro, destacándolas cada cinco.

El diseño de un Relleno Sanitario Manual, no requiere de mucha exactitud, sin embargo, es importante tener conocimiento planimétrico y altimétrico del terreno.

Un levantamiento topográfico con cinta y manguera, suministra la información de campo suficiente, bajo unos límites permisibles de error (1/1.000, 1/5.000) y a un bajo costo; además porque generalmente en las pequeñas localidades se carece de equipo de topografía como niveles de precisión o tránsito.

1.0 ELEMENTOS INDISPENSABLES

- Cinta métrica: Medida de lienzo o acero con longitud mínima de 20 m, sirve para determinar distancias entre puntos (Fig. 3.1).
- Piquetes o ganchos: Varillas de 30 cm de alambroñ acerado con punta en un extremo y un asa en el otro, cuyo fin es clavarlos sobre el terreno en los extremos de la cinta y marcar distancias medidas o fijar puntos.
- Jalón metálico o vara de madera de 2 m de longitud, pintado en tramos de 20 cm alternados de rojo y blanco, con punta de hierro en su extremo inferior. Se recomienda llevar 3 como mínimo.
- Mira o vareta pulida y numerada de 2 a 3 m de longitud que sirve para leer las diferencias de nivel del terreno.
- Manguera plástica transparente de 30 a 50 m de longitud y diámetro 3/8", es imprescindible, pues es el reemplazo del nivel de precisión.
- Estaca, piezas de madera de 30 cm de longitud, terminando en cuña uno de los extremos, clavadas sobre el terreno, se utiliza para fijar puntos.
- Tamanua o escuadra de agrimensor, se emplea para lanzar visuales o para

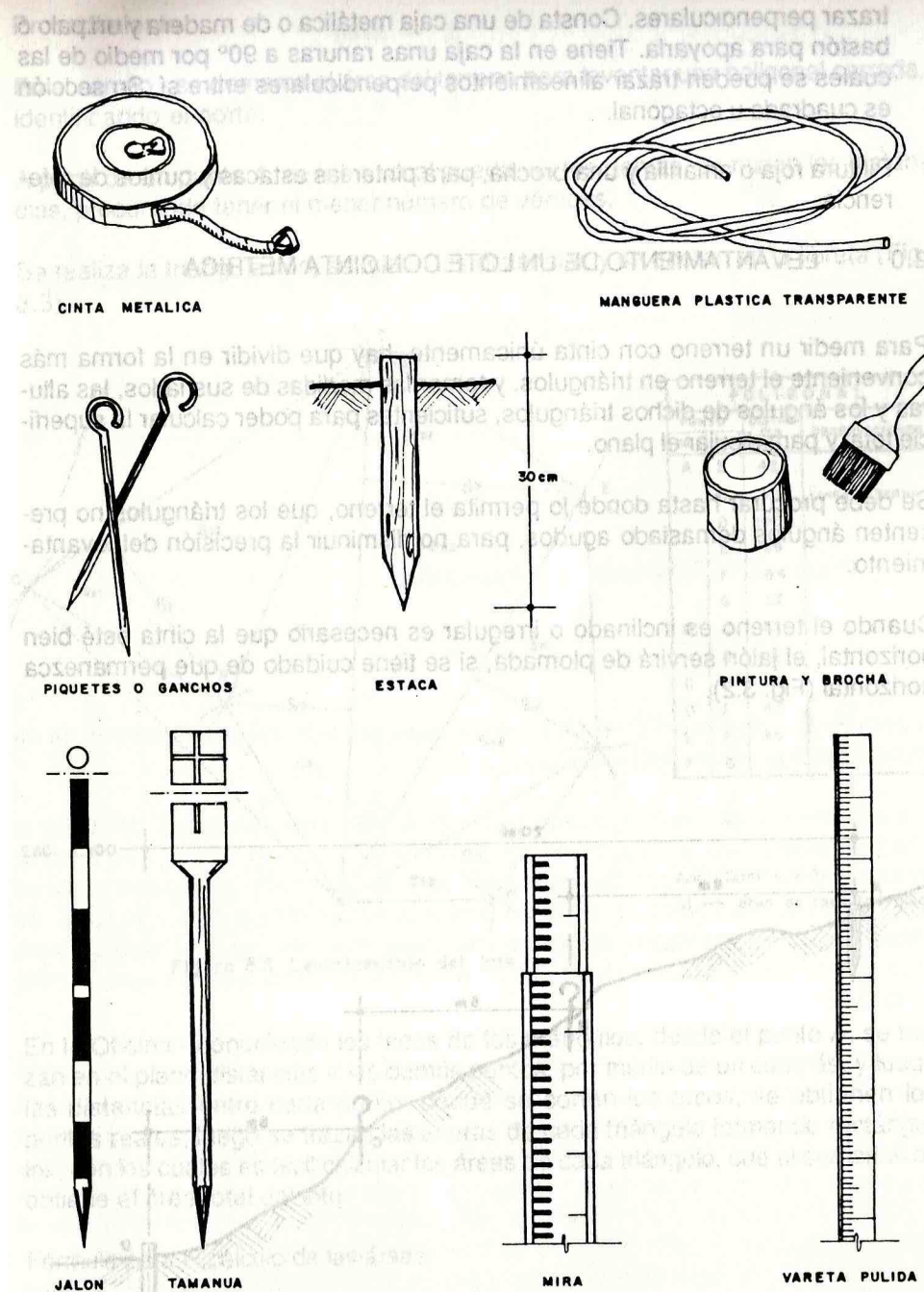


Figura 3.1 Elementos indispensables para el levantamiento topográfico.

trazar perpendiculares. Consta de una caja metálica o de madera y un palo o bastón para apoyarla. Tiene en la caja unas ranuras a 90° por medio de las cuales se pueden trazar alineamientos perpendiculares entre sí. Su sección es cuadrada u octagonal.

- Pintura roja o amarilla y una brocha, para pintar las estacas y puntos de referencia.

2.0 LEVANTAMIENTO DE UN LOTE CON CINTA METRICA

Para medir un terreno con cinta únicamente, hay que dividir en la forma más conveniente el terreno en triángulos, y tomar las medidas de sus lados, las alturas y los ángulos de dichos triángulos, suficientes para poder calcular la superficie total y para dibujar el plano.

Se debe procurar hasta donde lo permita el terreno, que los triángulos no presenten ángulos demasiado agudos, para no disminuir la precisión del levantamiento.

Cuando el terreno es inclinado o irregular es necesario que la cinta esté bien horizontal, el jalón servirá de plomada, si se tiene cuidado de que permanezca horizontal (Fig. 3.2).

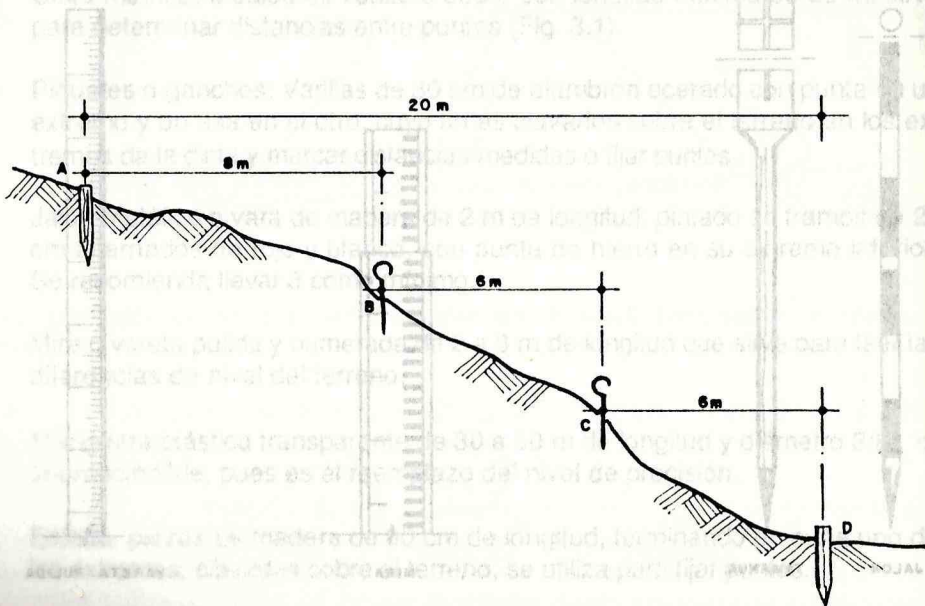


Figura 3.2 Medición en terreno inclinado.

Procedimiento:

En el campo - se demarca el área del terreno para levantar una poligonal cerrada, identificando el norte.

A partir de un punto A, desde el cual pueda ver los demás, se miden las distancias, procurando tener el menor número de vértices.

Se realiza la triangulación, se miden las distancias y se anotan en la libreta (Fig. 3.3).

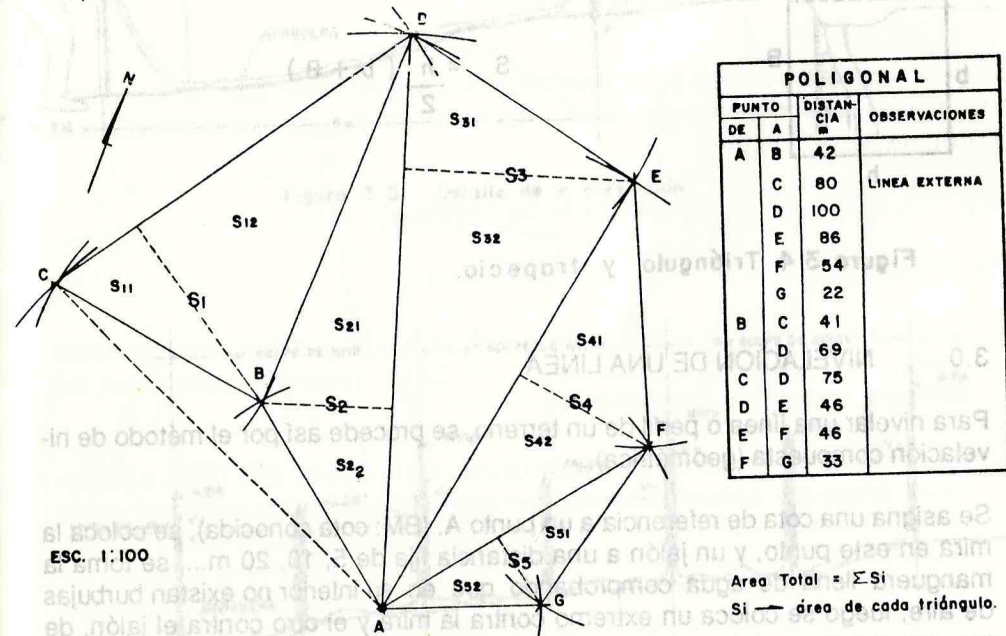
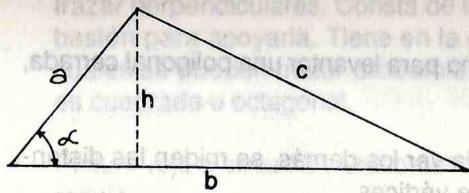


Figura 3.3 Levantamiento del lote.

En la Oficina - conociendo los lados de los triángulos, desde el punto A, se trazan en el plano distancias a los demás puntos, por medio de un compás, y luego las distancias entre cada punto; donde se corten los arcos, se obtienen los puntos reales; luego se trazan las alturas de cada triángulo formando rectángulos, con los cuales es fácil calcular las áreas de cada triángulo, que al sumarlas se obtiene el área total del lote.

Fórmula para el cálculo de las áreas:

Como el terreno que se mide se descompone en triángulos y trapecios, las fórmulas más usadas son: (Fig. 3.4).

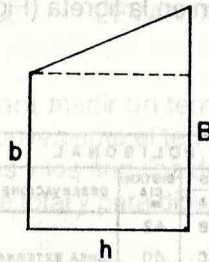


$$S = \text{área}$$

$$S = \frac{b \times h}{2} = \frac{b \times a \times \sin \alpha}{2}$$

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

donde: p es el semiperímetro.



$$S = \frac{h}{2} (b + B)$$

Figura 3.4 Triángulo y trapecio.

3.0 NIVELACION DE UNA LINEA

Para nivelar una línea o perfil de un terreno, se procede así por el método de nivelación compuesta (geométrica).

Se asigna una cota de referencia a un punto A, (BM: cota conocida), se coloca la mira en este punto, y un jalón a una distancia fija de 5, 10, 20 m..., se toma la manguera llena de agua comprobando que en su interior no existan burbujas de aire, luego se coloca un extremo contra la mira y el otro contra el jalón, de manera que no se salga el agua, y a una altura, que siempre será variable pero que quede máximo, a la altura de los ojos de la persona que sostiene la mira (Fig. 3.5).

El nivel del agua en el extremo de la manguera apoyada al jalón, será asumido como la altura del aparato; y el nivel del agua en la mira o vareta estabilizado en el jalón, indica la primera vista más, o vista atrás; luego trasladamos la mira hacia adelante del jalón a igual distancia, siguiendo el alineamiento pre-establecido, conforme a la configuración del terreno, y se lee el nuevo nivel del agua en la mira, obteniendo una vista menos, o vista adelante, teniendo cuidado de que el nivel del agua en el jalón que sirve de instrumento, permanezca fijo. Para la segunda lectura, se lleva el jalón hacia adelante, y se procede de la misma forma que en el caso anterior. Se observa que la vista adelante (V-) del primer golpe de nivel, será una vista atrás (V+) para el segundo golpe de nivel (Fig. 3.6).

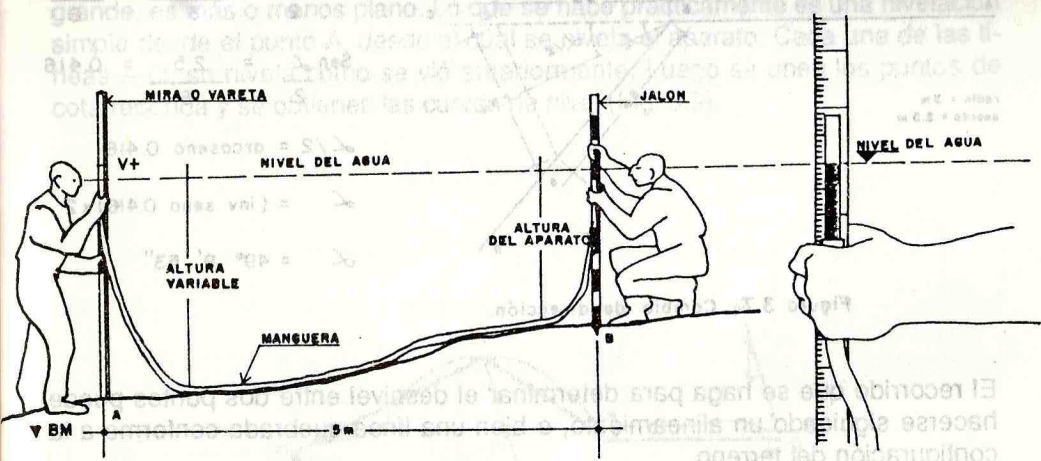


Figura 3.5 Detalle de la nivelación.

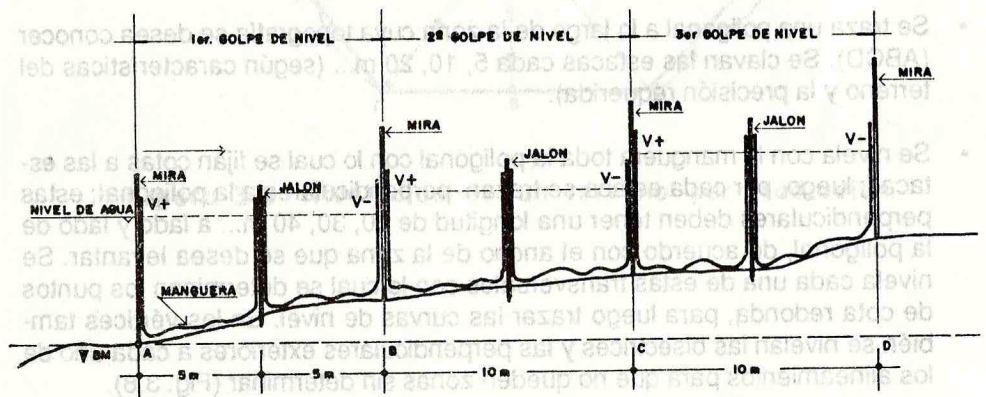
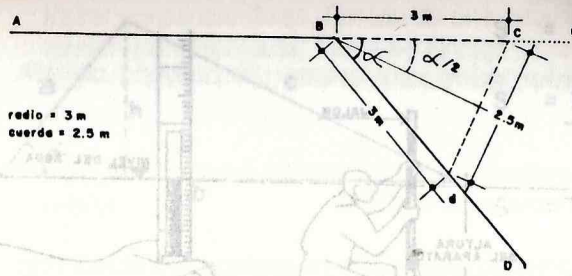


Figura 3.6 Nivelación con manguera entre varios puntos.

La medición de ángulos con la cinta en los cambios de dirección se realiza así:

- Se desea medir el ángulo CBD (Fig. 3.7), entonces se coloca una estaca en el cambio de dirección, se prolonga la línea estacando en un radio de 3 metros, y se traza por medio de la cinta el arco cd que corta los lados BC y BD respectivamente, en los puntos c y d. Se mide la longitud de la cuerda cd y se calcula el ángulo así:



radio = 3 m
cuerda = 2.5 m

$$\text{Sen } \frac{L}{2} = \frac{cd/2}{3} = \frac{cd}{6}$$

$$\text{Sen } \frac{L}{2} = \frac{2.5}{6} = 0.416$$

$$L/2 = \text{arcoseno } 0.416$$

$$L = (\text{inv seno } 0.416) \times 2$$

$$L = 49^\circ 9' 53''$$

Figura 3.7 Cambio de dirección.

El recorrido que se haga para determinar el desnivel entre dos puntos puede hacerse siguiendo un alineamiento, o bien una línea quebrada conforme a la configuración del terreno.

4.0 NIVELACION DE UNA FAJA DE TERRENO

Se procede así:

- Se traza una poligonal a lo largo de la zona cuya topografía se desea conocer (ABCD). Se clavan las estacas cada 5, 10, 20 m... (según características del terreno y la precisión requerida).
- Se nivela con la manguera toda la poligonal con lo cual se fijan cotas a las estacas; luego, por cada estaca se trazan perpendiculares a la poligonal; estas perpendiculares deben tener una longitud de 20, 30, 40 m... a lado y lado de la poligonal, de acuerdo con el ancho de la zona que se desea levantar. Se nivela cada una de estas transversales con lo cual se determinan los puntos de cota redonda, para luego trazar las curvas de nivel. En los vértices también se nivelan las bisectrices y las perpendiculares exteriores a cada uno de los alineamientos para que no queden zonas sin determinar (Fig. 3.8).

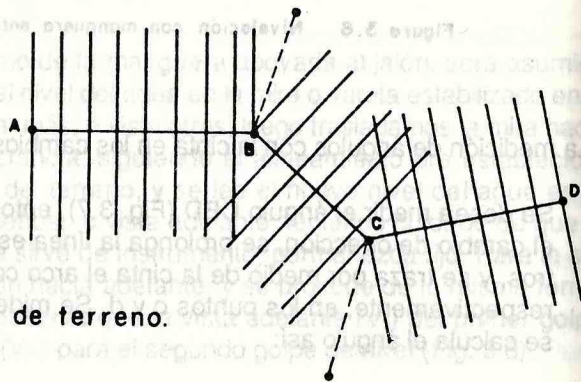


Figura 3.8

Nivelación de una faja de terreno.

El sistema de radiación se emplea cuando el terreno además de no ser muy grande, es más o menos plano. Lo que se hace prácticamente es una nivelación simple desde el punto A, desde el cual se nivela el aparato. Cada una de las líneas A O, se nivela como se vió anteriormente. Luego se unen los puntos de cota redonda y se obtienen las curvas de nivel (Fig. 3.9).

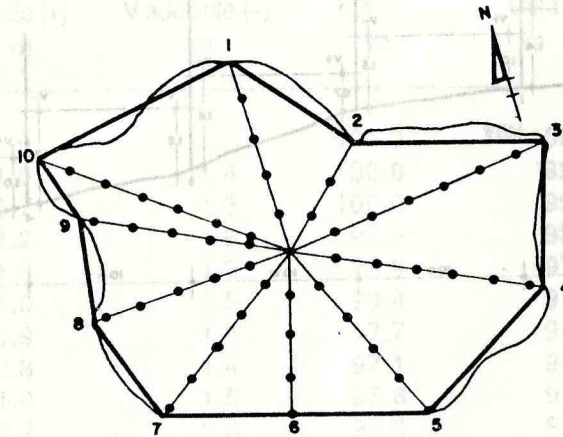


Figura 3.9 Nivelación de un terreno por radiación.

Ejemplo: Nivelación de un terreno:

1. Datos de campo: (Fig. 3.10)

2. Procedimiento:

- Se da una línea por uno de los lados del terreno GF de la Figura 3.3 para obtener una poligonal o eje del proyecto.
- Una vez nivelada la poligonal, se trazan perpendiculares empleando el tamaño u otro método, y se toman las medidas y lecturas de cada una.

El sistema de radiación se emplea cuando el terreno además de no ser muy grande, es más o menos plano. Lo que se hace prácticamente es una nivelación simple desde el punto A, desde el cual se nivelan los puntos B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z. Luego se unen los puntos de cota redonda y se obtienen las curvas de nivel (Fig. 3.9).

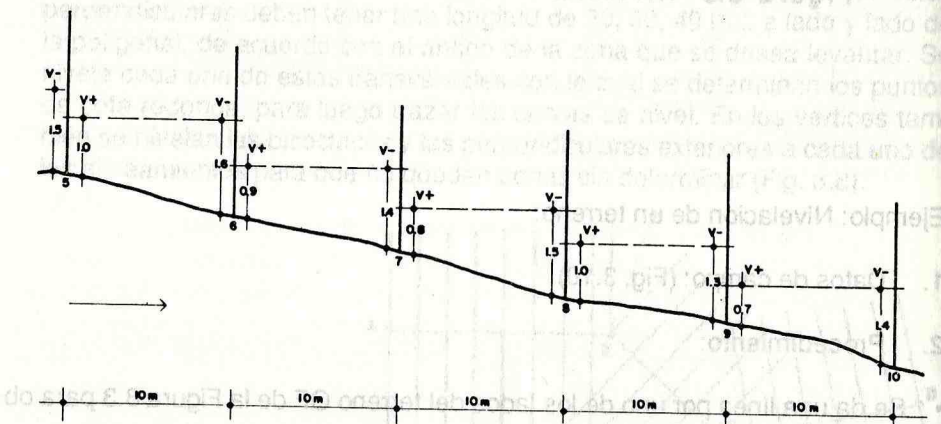
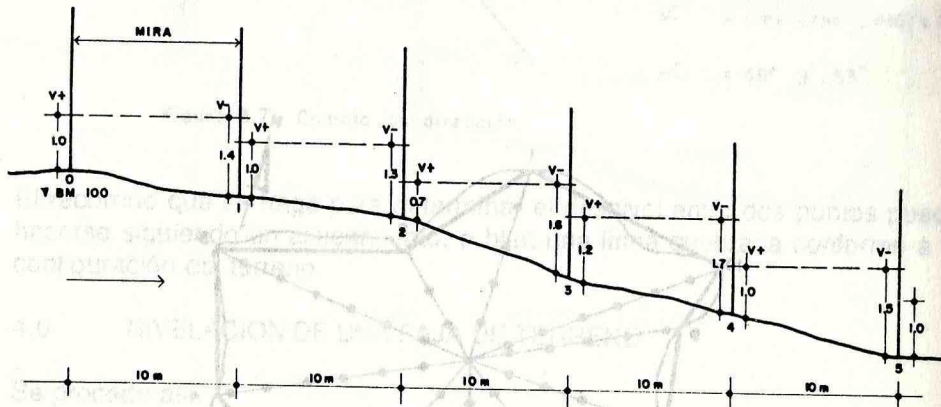


Figura 3.10 Nivelación de la Poligonal - Eje del Proyecto.

- Se nivela cada una de las líneas perpendiculares a la poligonal.
- Luego se marcan las cotas redondas en el plano para encontrar las curvas de nivel.

Cartera de Nivelación

Estación	V atrás (+) m	V adelante (-) m	$h\bar{\Delta}$ m	Cota m	Abscisa m
0	1.0		101.0	▼BM 100.0	0
1	1.0	1.4	100.6	99.6	10
2	0.7	1.3	100.0	99.3	20
3	1.2	1.6	99.6	98.4	30
4	1.0	1.7	98.9	97.9	40
5	1.0	1.5	98.4	97.4	50
6	0.9	1.6	97.7	96.8	60
7	0.8	1.4	97.1	96.3	70
8	1.0	1.5	96.6	95.6	80
9	0.7	1.3	96.0	95.3	90
10		1.4		94.6	100
	Σ 9.3	Σ 14.7			

Procedimiento del cálculo:

$$h\bar{\Delta} = \text{▼BM} + L_0 (v^+)$$

$$\text{▼1} = h\bar{\Delta} - L_1 (v^-)$$

Donde:

- $n\bar{\Delta}$ = Altura del aparato
- ▼BM = Cota conocida
- $L_1 (v^+)$ = Lectura en 1 (atrás)
- $L_2 (v^-)$ = Lectura de 2 (adelante)

Prueba:

Los cálculos de la cartera se comprueban así:

$$|\Sigma V^+ - \Sigma V^-| = \Delta \text{cotas}$$

$$|9.3 - 14.7| = 100 - 94.6 = 5.4$$

Con la información anterior se traza el perfil, y en el plano se van uniendo los puntos de cotas redondas para obtener la configuración topográfica del terreno (Figs. 3.11 y 3.12)

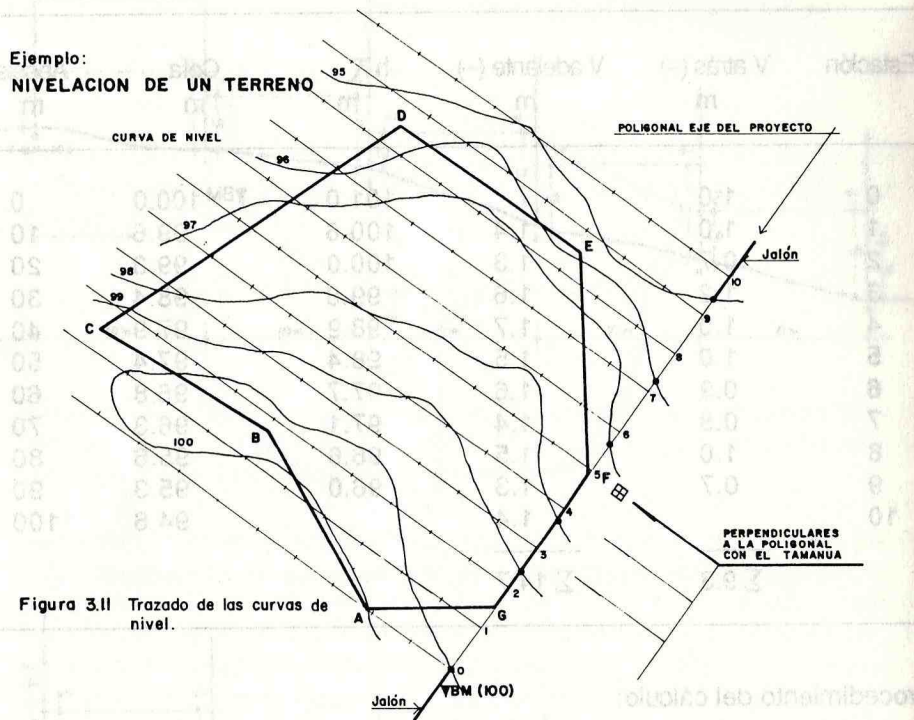


Figura 3.11 Trazado de las curvas de nivel.

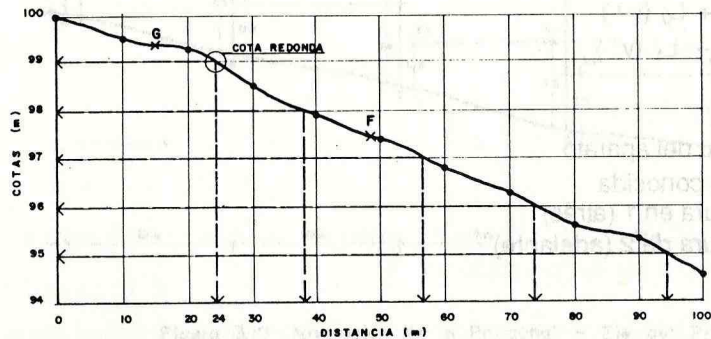


Figura 3.12 Perfil de la poligonal o eje del proyecto.

ANEXO IV

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION

Entre los materiales necesarios para la construcción de las obras de infraestructura y construcciones auxiliares del Relleno Sanitario Manual se tienen:

- Cerca:
 - Estacones para cerca
 - Alambre de púas
 - Grapas
- Vías de acceso:
 - Afirmado o recebo
- Vías internas:
 - Orillos y afirmado, chipa o alambazón 1/8"
 - Tablas de 1/2" para tránsito de coches
 - Grapas
- Filtro aguas:
 - Piedra (canto todado o cantera)
 - Helecho seco
- Filtro gases:
 - Piedra, alambre de púas, palos de madera
 - Tubería de concreto, diámetro 4" ó 6"
- Valla:
 - Hojas de zinc
 - Marco de madera
 - Pintura
- Pozos de monitoreo:
 - Tubería de concreto, diámetro 8"
- Instalaciones sanitarias:
 - Ladrillos, cemento, arena, tejas, cal
 - Puerta, tubería PVC abasto 1/2", sanitaria 2", taza sanitaria.
 - Llaves de agua
 - Manguera.

MONITOREO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

Como resultado de los mecanismos de descomposición que ocurren en los desechos sólidos, ya mencionados, se generan líquidos, gases y productos intermedios. Algunos retenidos en los poros del terreno, mientras otros pueden ser arrastrados y/o solubilizados por los líquidos que atraviesan las capas de tierra y basura.

Parte del proyecto de un Relleno Sanitario es el de tomar antes, durante su ejecución y una vez terminado, una serie de medidas relacionadas con la prevención de riesgos potenciales para la calidad del ambiente.

El Relleno Sanitario Manual, aunque es una obra pequeña, de ser posible debe contemplar entre los controles ambientales, por lo menos, el monitoreo de la calidad hídrica, de tal modo que el deterioro de las aguas subterráneas en el entorno, pueda ser detectado tempranamente.

Es importante destacar aquí, que las exigencias del RSM en cuanto a la impermeabilización de la base del terreno y paredes laterales son mínimas, si se cuenta con un suelo limo-arcilloso, y/o el espesor por encima del nivel freático es mayor de 2 m, puesto que con estas condiciones se disminuye sensiblemente la probabilidad de que el percolado ingrese a las aguas subterráneas o superficiales, conservando su poder contaminante.

En las zonas de poca precipitación pluvial, es de esperar que el líquido percolado sea mínimo o ninguno.

Los análisis de laboratorio de las muestras de aguas subterráneas y superficiales cercanas se pueden hacer intensivos durante los primeros meses y menos frecuentes una vez se perciban valores constantes en los resultados.

Se debe considerar el análisis de los siguientes parámetros:

- pH
- Demanda química de oxígeno (DQO), mg/l
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mg/l
- Nitratos, mg/l
- Sulfatos, mg/l
- Recuento total de colonias RTC, colonias/ml
- Conductividad, umho/cm.

El líquido percolado también es objeto de análisis.

Para la toma de muestras del agua subterránea se pueden excavar manualmente los pozos, hasta una profundidad de 6 m; una vez hallado el nivel freático, colocar material granular en el fondo y tubería de 8" de diámetro, para que permita el ingreso de un garrafón muestreador. Posteriormente, se cubre el resto del pozo con la misma tierra de la excavación. Dependiendo del tipo del suelo se tomarán las medidas necesarias para evitar derrumbes durante el trabajo. Los pozos deberán estar situados mínimo a 5 m del área del Relleno y del drenaje del líquido percolado.

De acuerdo con las mediciones realizadas en "El Chagualo" los cambios en la concentración de los parámetros analizados, se presentan durante el invierno y se van estabilizando a medida que entra el verano, no obstante no son significativos.

3. Planificar el abastecimiento y mantenimiento de los materiales y herramientas necesarios para la operación del Relleno Sanitario.
4. Velar porque los operarios hagan uso adecuado de los implementos de trabajo y les den debido mantenimiento.
5. Vigilar el efectivo cumplimiento de las normas de seguridad.
6. Controlar el ingreso de residuos sólidos al Relleno Sanitario.
7. Controlar el ingreso de vehículos y personas.
8. Orientar el tráfico interno de los vehículos recolectores y la descarga de las basuras.
9. Controlar las labores de los recuperadores de subproductos (si las hay).
10. Controlar el tamaño y conformación de las celdas con su respectivo material de cobertura.
11. Velar porque las áreas adyacentes permanezcan limpias, e impartir las órdenes correspondientes.

Artículo 10o.- Los operarios del Relleno serán los directamente encargados de la construcción del Relleno Sanitario y por lo tanto tendrán dedicación exclusiva a la obra y sólo podrán ser empleados en otras labores cuando el Supervisor lo autorice.

Artículo 11o.- El Jefe de la Oficina de _____ será encargado de autorizar a aquellas personas que tendrán a su cargo la recuperación de subproductos, expidiéndoles el respectivo carné para su identificación.

Artículo 12o.- Los recuperadores de subproductos serán parte integrante del programa y como tal serán responsables conjuntamente con los operarios, de la adecuada operación y construcción del Relleno, por lo tanto deberán acatar las órdenes impartidas por el Supervisor y el horario establecido.

Artículo 13o.- Los recuperadores podrán comercializar los subproductos, y los ingresos que de ellos se derive serán para su beneficio.

Artículo 14o.- Todo el personal adscrito al programa del Relleno, incluyendo los recuperadores, deberán dotarse de implementos de protección necesarios.

Artículo 15o.- La Oficina de _____ deberá adelantar los estudios necesarios para mejorar las etapas de recolección y transporte de las basuras en el área urbana del Municipio.

Artículo 16o.- El Alcalde hará los traslados presupuestales indispensables para el cumplimiento de este Acuerdo.

Artículo 17o.- Por ser el Municipio de _____ uno de los primeros del Departamento en acogerse al sistema del Relleno Sanitario, ofreciendo a la comunidad una disposición sanitaria final de las basuras, es deber de todas las personas vinculadas a la Administración Municipal, divulgar por los medios a su alcance, los beneficios y bondades del mismo.

Artículo 18o.- Facúltase al Alcalde Municipal para que, en un término de dos (2) años contados a partir de la vigencia de este Acuerdo, suscriba con el Departamento de Antioquia el Convenio por medio del cual el Municipio se acoge al Programa de Disposición Sanitaria Final de los Desechos Sólidos y Reciclaje de que trata la Ordenanza 32 de 1987, así mismo queda facultado el señor Alcalde para cumplir todas las obligaciones que de la firma del Convenio se deriven.

Artículo 19o.- El presente Acuerdo rige a partir de la fecha de su publicación.