

Manual de Operación y Mantenimiento del Relleno Sanitario Manual – Mecánico

Municipio de Yondó



**Hombre y Naturaleza Unidos
para el Desarrollo Sustentable**

Yondó – Colombia

Noviembre de 2013

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	ALCANCE DEL PROYECTO.....	8
2.1.	Análisis de la vida útil.....	9
3.	PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO	9
3.1.	Adecuación del terreno	10
3.1.1.	Primera etapa	10
3.1.2.	Segunda etapa	11
3.1.3.	Tercera etapa	12
3.1.4.	Cuarta etapa.....	12
3.2.	Manejo de escorrentía y control de erosión.....	13
3.3.	Construcción del sistema de recolección de lixiviado	14
3.4.	Construcción del sistema de desfogue de gases.....	16
4.	OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....	19
4.1.	Tipo y cantidad de residuos sólidos a recibir	19
4.2.	Personal	20
4.2.1.	Supervisor del Servicio de Aseo.....	20
4.2.2.	Obreros (operarios)	20
4.3.	Equipo y herramientas de trabajo.....	23
4.4.	Disposición de los residuos sólidos	25
4.4.1.	El espesor del regado	29
4.4.2.	Pendiente del frente de trabajo	29
4.4.3.	Cobertura intermedia.....	30
4.4.4.	Cobertura final.....	30
4.4.5.	Circulación del vehículo en el relleno.....	30
4.5.	Operación en época de invierno	31
4.5.1.	Movimientos de tierra	31
4.5.2.	Disposición de desechos sólidos	31

4.5.3.	Vías internas	31
4.5.4.	Otras recomendaciones	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad y vida útil del relleno sanitario	8
Tabla 2. Rendimientos alcanzados durante las operaciones de un relleno sanitario	22
Tabla 3. Equipos y herramientas	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dren de lixiviados. Zona Inferior del relleno sanitario (primera etapa)	15
Figura 2. Proceso constructivo desfogue de gases e Intercepción con dren de lixiviados.....	18
Figura 3. Intercepción dren de lixiviados con desfogue de gases.....	18
Figura 4. Orientación de las celdas.....	28
Figura 5. Compactación de celda con rodillo y rastrillo.....	28
Figura 6. Esquema del rodillo compactador manual.....	29

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. INSTRUCTIVO SOBRE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL - MECÁNICO	33
--	----

1. INTRODUCCIÓN

Este manual de operación tiene por objeto suministrar al personal administrativo y operativo de la empresa prestadora del servicio de aseo “Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios E.S.P de Yondó”, una guía básica de los distintos procedimientos que se deben llevar a cabo para operar correctamente el nuevo relleno sanitario del municipio de Yondó.

El propósito de una operación ordenada, sanitaria, económica, ambiental y segura se logra con la correcta ejecución del diseño del relleno sanitario; complementado con el seguimiento fiel de las instrucciones que se dan en este manual, ajustadas a las posibilidades y limitaciones del lote.

Para una mayor comprensión, el manual se ha dividido en tres (3) partes a saber:

1. Alcance del proyecto
2. Preparación del sitio y construcción del relleno sanitario
3. Operación del relleno sanitario

Finalmente, reiteramos de nuevo la importancia de seguir ordenadamente los procedimientos que se establecen en el manual, ya que, una alteración de las actividades u omisión en la construcción puede crear condiciones adversas para el manejo de los residuos sólidos; cabe advertir además, la disponibilidad de la Corporación Autónoma Regional para el Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA, para asesorar la administración y en especial la

empresa encargada de operar y administrar el relleno sanitario.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El diseño del relleno sanitario manual – mecánico para el municipio de Yondó, contempla una vida útil de 11,86 años si se opera de manera mecánica y 6,96 años si se opera de manera manual; sin recuperación de materiales reciclables y orgánicos, durante los cuales se trabajarán cuatro (4) etapas, ejecutándose cada una en forma controlada y progresiva para evitar erosiones e inversiones improductivas. En la tabla 1 se muestra la duración y capacidad de cada una de estas etapas.

Tabla 1. Capacidad y vida útil del relleno sanitario

Etapas de operación	Cotas de Operación	Volumen disponible (m³)	Duración – Mecánico (años)	Duración – Manual (años)
Primera	82 – 90 (Trinchera)	2950	0,44	0,25
Segunda	90 – 95	40936	6,58	4,28
Tercera	95 – 100	21487	3,43	2,25
Cuarta	100 - 105	8930	1,41	0,18
Total		74303	11,86	6,96

2.1. Análisis de la vida útil

La vida útil del relleno podrá extender en la medida que se recicle y se realice aprovechamiento de orgánicos a través de compost en la caseta que sirve para este fin dentro del relleno sanitario; el material podrá ser recogido en las viviendas mediante el programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).

3. PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Antes de disponer los residuos sólidos, se debe preparar el terreno para recibirlos.

Esta preparación conlleva a una serie de obras de ingeniería sencillas que se deben realizar antes de comenzar a operar el relleno sanitario. Existe un espacio al interior de una laguna constituida por aguas lluvias, en la cual se proyecta adecuar la trinchera propuesta en el diseño.

La trinchera se construirá en el espacio donde actualmente se encuentra ubicado un cuerpo de agua, formado por aguas lluvias y dada su conformación. Se realizará un bombeo para evacuar las aguas y se adecuará un filtro drenante que estará por debajo del filtro de lixiviados de la trinchera (primera etapa).

Para operar el relleno sanitario se realizarán las siguientes obras:

- Adecuación de la trinchera para la primera etapa.
- Bombeo de aguas.
- Instalación de filtro drenante.
- Impermeabilización de la trinchera con geomembrana cal. 30 mils.
- Construcción de canales perimetrales y cuneta de aguas lluvias en la vía de acceso en ambas direcciones.
- Construcción del sistema de drenaje de lixiviado y filtro de gases.
- Construcción de la vía interna para la operación de la primera etapa.
- Adecuación de portillos e instalación de portón de entrada.
- Siembra del cerco vivo.
- Instalación de motobomba.

3.1. Adecuación del terreno

El relleno sanitario para su adecuación y operación se dividió en cuatro (4) etapas, de acuerdo con la conformación topográfica del terreno así:

3.1.1. Primera etapa

La primera etapa del diseño y la operación comienza con la construcción de una trinchera de operación "celda" entre las cotas 84,5 y 87,5; esta cuenta con un área de 1840 m² y una profundidad promedio (3) m, la trinchera tendrá dos (2) bermas en el costado occidental y oriental del terreno a los cuales se accederá por dos (2) bermas sobre el talud ; para la operación de esta se acondicionó una vía inferior, la cual va desde la cota 81 hasta la cota 87 y tiene una pendiente promedio del 7,7 %; esta vía solo

estará presente para la primera etapa. Se acondicionará una vía superior, la cual va desde la cota 87 hasta la cota 95 y con pendiente promedio de 12,5%, esta vía estará comunicada con la plaza de maniobras (vía de acceso a planta de potabilización y relleno sanitario) e intercomunicará a la segunda, tercera y cuarta etapa.

El vehículo recolector entrará al relleno sanitario en reversa hasta la trinchera de operación en la cota 82, allí descargará los residuos sólidos en el sitio destinado para la celda típica diaria; una vez allí descargados los residuos sólidos, los operarios procederán a abrir las bolsas y/o costales, para facilitar la compactación de los residuos y los llevarán hasta la celda de operación.

La vía interna inferior tiene una longitud de 343 metros y una pendiente promedio del 7,7%, esta vía requiere de afirmado; esta vía servirá para operar el relleno en la primera etapa y desaparecerá con el avance del mismo.

La vía tiene una pendiente de bombeo del 3%; y no cuenta con cunetas, ya que se construyó un canal perimetral a la trinchera y tres (3) cárcamos (rejas “quiebra patas”) para evitar la entrada de las aguas lluvias al área de operación.

3.1.2. Segunda etapa

Está se construirá entre las cotas 90 y 95, perfilando los taludes orientales

del lote; la trinchera configurada servirá de soporte para la segunda etapa y funcionará como plataforma de operación, los taludes serán 2:1, es decir 2.0 m horizontales y 1.0 m vertical; esta etapa se unirá con la primera etapa y así se conformará la plataforma de operaciones más amplia y de mayor área, para aumentar la vida útil, a ésta se accederá por la vía superior.

En esta etapa se configurará una plataforma de aproximadamente 9483,51m², acoge el área de la zona de disposición actual y también la nueva trinchera, ésta tendrá un volumen disponible de 40936m³ proyectados mediante el método de áreas y soportado en parte por la celdas clausuradas del relleno sanitario Las Américas, que se encuentran al noreste de la zona de disposición actual.

3.1.3. Tercera etapa

Esta se construirá entre las cotas 95 y 100; la masa de residuos comienza a aumentar sobre la plataforma, la cual dará paso a la vía superior; se recomienda adecuar una cuneta de aguas lluvias y adicionalmente añadir un cárcamo a modo de “obra de arte”.

Para esta etapa se plantea una plataforma de 4243 m², presentando un volumen de almacenamiento de 21487 m³.

3.1.4. Cuarta etapa

Esta etapa inicia desde la cota 100 y finaliza en la cota 102,5, presentando

una altura promedio de 2,5 m, presenta un volumen disponible de almacenamiento de 8930 m³ y un área de 2893 m².

3.2. Manejo de escorrentía y control de erosión

El manejo de la escorrentía, tiene por objeto evitar que las aguas lluvias corran por las plataformas adecuadas, que erosionen el terreno y desestabilicen las celdas ya conformadas.

Para su manejo se deben construir canales perimetrales de forma trapezoidal en concreto y angeo, con un ancho de 0.40 m en la base superior y 0,30 metros en la base inferior y la altura promedio de 0,40 m; estos canales descargarán a un canal exterior el cual permitirá la salida de las aguas lluvias a un “bajo”, aguas abajo del relleno sanitario.

Las principales medidas que se proponen para prevenir y controlar la erosión son:

- Practicar el talud planteado en el diseño; de tal forma que este sea positivo.
- En el área donde se extraiga material de cobertura se deberá tener sumo cuidado en la conformación de los taludes preferiblemente 1,0 V: 0.5 H y cada tres (3) metros terraceos provisionales por fuera de la trinchera.
- Cubrir diariamente las celdas y terminirlas de tal forma que no haya empozamiento o almacenamiento de las aguas lluvias, para ello se

practicará un talud 2:1, es decir, 2.0 V : 1.0 H.

- Se harán programaciones para las excavaciones y los movimientos de tierra.
- Todo el material para la operación del relleno sanitario se extraerá del material acopiado en el costado occidental del relleno sanitario (1.266.700 N – 1.016.350 E); este alcanzará para la vida útil del mismo.

3.3. Construcción del sistema de recolección de lixiviado

El lixiviado se origina por la descomposición de residuos sólidos orgánicos y por la lluvia que se infiltra en la masa de desechos sólidos generando una corriente de líquido de color oscuro con alta carga orgánica y mal olor. Por sus características nocivas, se hace necesario controlarlo tanto desde su producción como en la conducción para que no se convierta en un problema difícil de tratar.

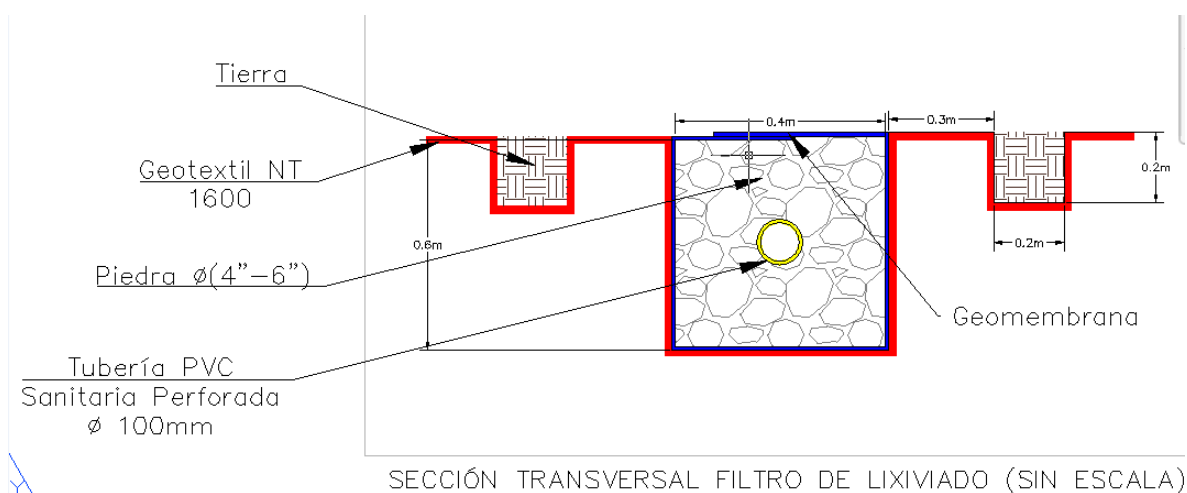
Los drenes de lixiviados se construirán para la primera etapa y con anterioridad a cualquier depósito de desechos sólidos; las dimensiones de los filtros serán de 0,50 m de ancho y 0,60 m de alto en promedio de profundidad para facilitar su construcción en geomembrana, figura 1.

La estructura de conducción de lixiviados en la primera etapa está distribuida en forma de espina de pescado intercomunicados entre sí, con una longitud total de 216,1 m.

Los filtros en la segunda, tercera y cuarta etapa serán los mismos de la

primera etapa, ya que el avance de la segunda etapa se soportará en la trinchera de la primera etapa; se requiere instalar tubería de 4 pulgadas PVC, para recoger los lixiviados de estas etapas y conducirlos hacia la primera etapa.

Figura 1. Dren de lixiviados. Zona Inferior del relleno sanitario (primera etapa)



Los drenes de lixiviados se construirán en la primera etapa de adecuación del relleno sanitario sobre la cota 84,5 y tendrán geotextil para evitar el paso de sólidos al dren como se muestra en el plano 12/20. Para las demás etapas los drenes serán los mismos de la primera etapa.

Los drenes de lixiviados irán interconectados entre si con una tubería de diámetro 100 mm (4'') de tal forma que por reboce pase de un filtro a otro. Por la pendiente del terreno y la conformación de las celdas se prevé un sistema de recirculación de lixiviados el cual servirá para la operación de

todas las etapas; como parte de este sistema se contará con dos (2) pozos de recirculación de lixiviados, los cuales tendrán 1 m de diámetro, El sistema contará con bomba de succión de 1.0 hp en acero inoxidable monofásica para trabajar a 110 y 220 V.

“Los drenes de lixiviados evitarán que estos escapen de las plataformas y contaminen las fuentes cercanas de aguas”.

3.4. Construcción del sistema de desfogue de gases

La producción de gases en un relleno sanitario, es inherente a la descomposición biológica de la materia orgánica que contienen los desechos sólidos; en la primera etapa la descomposición es aeróbica (en presencia de oxígeno) en la que se genera como producto final bióxido de carbono CO_2 principalmente; este no produce olores ni es explosivo.

Terminada esta etapa, comienza la descomposición anaeróbica en la que hay como productos finales de importancia el gas metano CH_4 y el ácido sulfhídrico H_2SO_3 ; el metano es un gas inoloro y puede ser explosivo en concentraciones entre 5% y 15% de una mezcla con aire, por lo cual es necesario extraerlo del relleno mediante filtros, ya que por ser más liviano que el aire se elevará y se dispersará en la atmósfera. El ácido sulfhídrico producirá olores desagradables.

El sistema principal de desfogue consiste en chimeneas verticales de piedra, colocadas desde la base de la plataforma y encima del filtro del

lixiviado, con el objeto de drenar el lixiviado que se produzca en las capas superiores de desechos sólidos, figuras 2 y 3.

Otro de los objetivos de este sistema es controlar las presiones internas de los gases y reducir la posibilidad de infiltraciones a la superficie del terreno a través de la cobertura. La separación entre desfuegos será de 20 m.

Los tubos terminales de estos filtros son de 100 mm (4") de diámetro y sobresalen un metro de la cobertura final, dirigiendo los gases fuera de la superficie del terreno sin causar molestias.

Es importante que la elevación de desfogue sea simultánea con el avance de las plataformas, para evitar desmoronamiento del ducto y facilitar su construcción; el material adyacente a los filtros deberá ser compactado en buena forma, a fin de obligar el flujo de gases a seguir la línea de evacuación y conducción a través de la chimenea.

Figura 2. Proceso constructivo desfogue de gases e Intercepción con dren de lixiviados

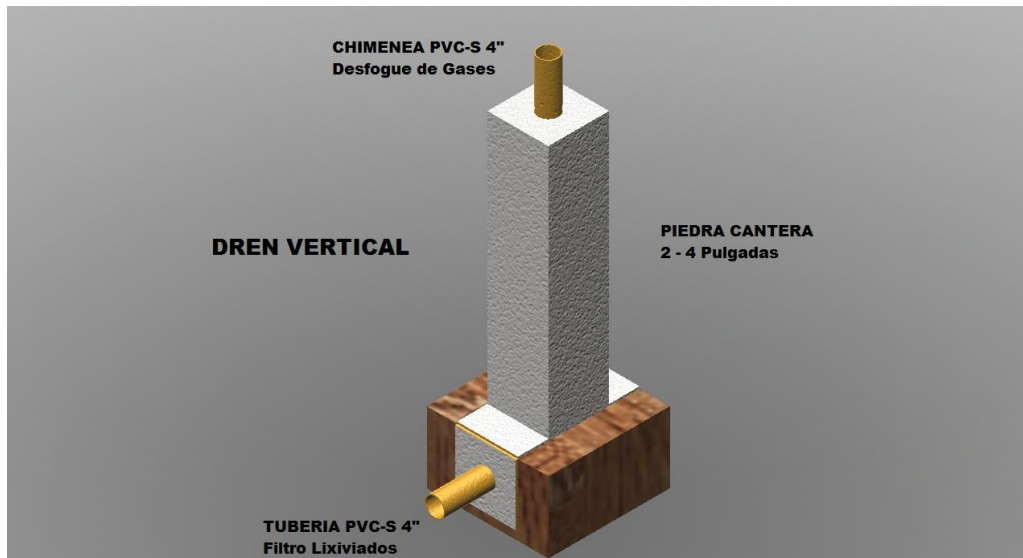
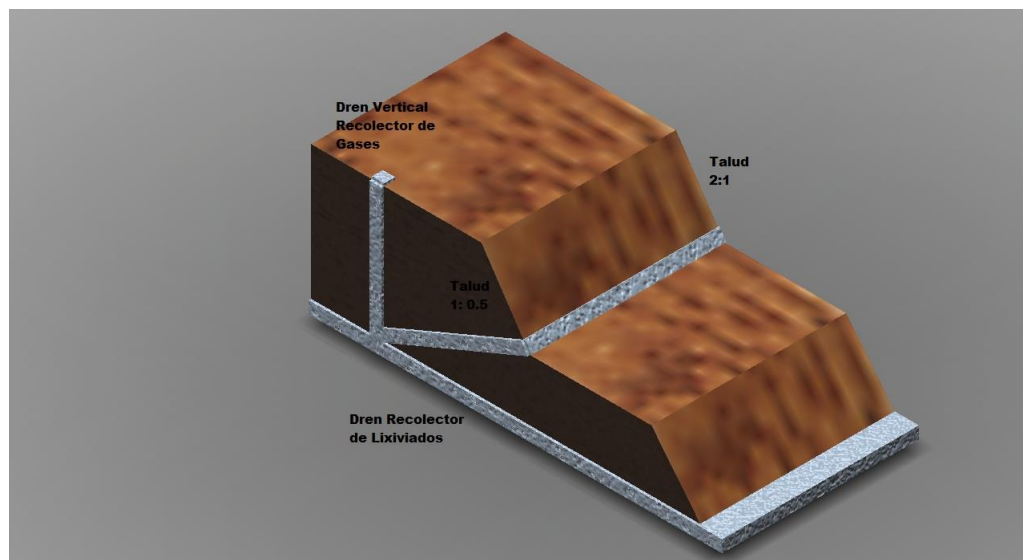


Figura 3. Intercepción dren de lixiviados con desfogue de gases



4. OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Esta sección tiene por objeto describir los procedimientos de operación necesarios para el funcionamiento del relleno sanitario.

Esta parte del manual procura además definir las opciones más favorables que puedan presentarse y dar una guía al operador del relleno, para controlar la operación y evitar que el relleno sanitario se convierta en botadero a cielo abierto.

A la operación del relleno sanitario se la llamará manual - mecánico, por utilizar para la disposición de los residuos sólidos herramienta menor, rodillo compactador y buldozer cada 2 ó 3 meses, sin embargo, eventualmente tendrá que ser mecánica, utilizando para ello un tractor de oruga de manera continua, el cual mejora la compactación y por ende aumenta la vida útil.

4.1. Tipo y cantidad de residuos sólidos a recibir

En el relleno sanitario para el municipio de Yondó, se dispondrán residuos sólidos provenientes del área urbana, en su mayoría de tipo residencial aproximadamente el 100%.

Diariamente se dispondrán 3,95 toneladas; y de año en año se irá incrementando de acuerdo al crecimiento poblacional el cual se consideró de 1.0% el incremento de residuos sólidos.

4.2. Personal

El siguiente es el personal de operación recomendado, estará en función de las actividades a ejecutar.

4.2.1. Supervisor del Servicio de Aseo

Es el responsable de la supervisión completa de la operación, tanto en la adecuación del terreno como en la disposición de los desechos sólidos. Además debe implementar medidas de seguridad y control.

Para esta actividad se podrá contar con un ingeniero sanitario, ambiental y/o un tecnólogo en saneamiento ambiental o en construcciones civiles, o de áreas afines para supervisar el relleno sanitario manual, siempre y cuando tenga experiencia o haya recibido capacitación.

Puede además contratarse por Outsourcing la supervisión y asesoría para la operación del relleno sanitario con un tercero con suficiente experiencia y esté con la interventoría de la empresa de aseo.

4.2.2. Obreros (operarios)

Personal que debe permanecer por tiempo completo en el sitio del relleno y sus labores serán asignadas por el supervisor. Tendrán las siguientes tareas:

- Señalar el área requerida para la construcción de las celdas de basura con anterioridad a la llegada del vehículo recolector.
- Una vez dispuesta la basura por el vehículo en el área de trabajo, regarla y esparcirla homogéneamente formando pequeñas capas de espesor 20 cm.
- Integrar las celdas con desechos para ir conformando las plataformas y compactarlas manualmente utilizando para ello un rodillo compactador y pisón de mano.
- Cubrir y compactar la celda acabada con material de cobertura (tierra de 0.15 a 0.20 m de espesor).
- Construir las cunetas de desagües, revisarlas y hacerles mantenimiento periódicamente.
- Revisar y dar mantenimiento a los filtros del manejo y control del lixiviado.
- Construir, a medida que se haga necesario, los filtros verticales para la evacuación de los gases a la atmósfera y revisarlos periódicamente.
- Dar mantenimiento continuo a la vía.
- Reparar el cerco, mantener el relleno limpio de rastrojo y sobre todo de papeles y otros desechos que pueden extenderse en el área por acción del viento, una vez sean depositados por el vehículo recolector.
- Conservar y mantener las franjas reforestadas y reforestar las que sean necesarias.
- Sembrar pasto y engramar taludes ya culminados para evitar la erosión y contribuir al mejoramiento paisajístico.

El personal necesario para desarrollar estas actividades, se calcula

teniendo en cuenta la cantidad de desechos a disponer, la jornada laboral de ocho (8) horas y los rendimientos alcanzados durante las operaciones de un relleno sanitario, este rendimiento se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Rendimientos alcanzados durante las operaciones de un relleno sanitario

Operación	Rendimiento
Esparcimiento de basura (conformación de pequeñas capas de basura dentro del área definida previamente para cada jornada de recolección)	0,95 ton/hr-hombre
Compactación de basura	20 m ² /hr/hombre
Compactación de la celda acabada (basura más material de cobertura)	20 m ² /hr/hombre

Con los rendimientos anteriores se requiere de tres (3) operarios de tiempo completo dedicados a las labores de conformación de celdas y mantenimiento de obras de infraestructura civil y sanitaria.

Nota: por ningún motivo se debe realizar reciclaje en el sitio de disposición final, ya que se interfiere con el funcionamiento del mismo; esta se debe realizar en la fuente para no contaminar el material.

4.3. Equipo y herramientas de trabajo

Para la adecuación inicial del relleno sanitario mecánico se utilizará buldócer y retroexcavadora de oruga para nivelar el terreno antes de impermeabilizarlo y para esparcir el afirmado en la vía de acceso.

Para cumplir con la vida útil estimada y aprovechar al máximo el terreno, es necesario utilizar el rodillo compactador manual o mecánico y los pisones, esta actividad pretende alcanzar densidades entre 0.45 y 0.50 Ton/m³. Las labores de los operarios en las etapas del relleno sanitario se ejecutarán toda la semana, excepto los domingos. Las labores enumeradas serán las siguientes:

- Compactación de la celda diaria.
- Perfilamiento de las áreas adyacentes a la zona de operación de donde se extraerá el material de cobertura, es decir en el costado occidental del lote.
- Excavación de las cunetas de control de aguas lluvias en las plataformas.

Para la operación manual del relleno sanitario, se requieren los equipos y herramientas que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Equipos y herramientas

Ítem	Herramienta menor	Unidad	Cantidad
1	Pisón de mano	Un	3
2	Rastrillo	Un	3
3	Pala	Un	3
4	Pica	Un	3
5	Barra	Un	3
6	Azadón	Un	3
7	Peinilla para rocería y desmonte	Un	3
8	Coche de llanta neumática	Un	3
9	Rodillo compactador manual de 150 litros	Un	1
9	Rodillo compactador manual de 80 litros	Un	1
10	Placa Vibratoria “rana”	Un	1

- Una retroexcavadora por lo menos dos (2) días al mes, para extraer el material de cobertura y acopiarlo cerca al frente de trabajo.
- Una volqueta con un volumen de carga de 7.0 m³, por lo menos dos (2) días al mes.
- El rodillo compactador es manual y servirá para la compactación de los desechos sólidos y del material de cobertura, está constituido por un cilindro de lámina de 3/16 de pulgada, 0.40 m de diámetro y una longitud de 1.20 m para un volumen de 150 litros.
- Los coches de llantas neumáticas, para el cargue y transporte de los

desechos sólidos y el material de cobertura, se requieren tres (3) coches o carretas de 120 litros de capacidad.

4.4. Disposición de los residuos sólidos

Los planos de diseño constituyen una guía metodológica en la operación del relleno sanitario. En ellos se presenta la localización de las etapas y el orden en que debe operarse el relleno.

Los cálculos de los volúmenes de las celdas diarias se basaron en las proyecciones de población y de residuos efectuadas para un período de 21 años a partir de información suministrada por el PGIRS y los datos aportados por la empresa de servicios públicos.

Es probable que las cantidades reales de desechos sólidos se aparten un poco de las cantidades proyectadas y ello exigirá modificar las dimensiones de la celda, cuando se requiera, por esto se recomienda hacer un registro de las entradas de residuos sólidos al relleno sanitario.

Los planos de diseño se elaboraron sobre la base de una altura total de las celdas de 1.0 m, así: 0,80 m de residuos sólidos y 0,20 m de material de cobertura.

La operación del relleno sanitario se hará por el método de trinchera en su primera etapa y la segunda por el método pendiente/área, es decir, llenando con basura y material de cobertura; la depresión formada al

adecuar la trinchera de operación inicial.

La operación del relleno sanitario comenzará con la extracción del material de cobertura necesario para el recubrimiento diario de la celda; esta extracción se hará contiguo a la plataforma sobre la cota 84 en el sitio del relleno y/o en el talud de la misma, esto con el objeto de aumentar la vida útil del relleno. Una vez extraído el material de cobertura se procede a preparar el área de la celda marcándola o definiéndola en forma clara.

Vale la pena anotar que el material de cobertura para la operación del relleno sanitario podrá provenir del material almacenado de la excavación de la trinchera.

La disposición de las celdas se iniciará siempre en la parte más cercana al talud de la trinchera y de la vía de acceso, ya que se espera que una vez configuradas las celdas dentro de la trinchera el vehículo recolector acceda a éste lo más cerca al sitio de disposición final; la distribución de las celdas en la plataforma se hará de tal forma que estas formen trabas entre si, para equilibrar las fuerzas ejercidas para cada celda y darle mayor estabilidad a los volúmenes conformados, figura 4.

Para lograr las densidades del diseño es necesario hacer uso del rodillo manual y/o la placa vibratoria, pero cuando éste no se pueda utilizar, hacer uso del pisón de mano. Pues la compactación es el parámetro que mayor atención merece, ya que éste es uno de los factores que define la vida útil del relleno sanitario y el grado de estabilidad alcanzado, figura 5.

La forma como habrá de moverse el rodillo compactador será la siguiente: se comenzará el desplazamiento del rodillo compactador en el sentido del avance largo de la celda, realizando cuatro (4) pasadas (de un metro de alcance cada una), posteriormente se gira el rodillo un ángulo de noventa grados y se realiza el mismo movimiento, figura 6.

Esta operación se repetirá dos (2) veces más, hasta obtener un total de ocho (8) pasadas en cualquier punto de la celda.

Es importante recalcar que la operación del relleno sanitario más eficiente por éste método se logra cuando la longitud del frente de trabajo sea la mínima posible para garantizar la operación normal, ya que implica mayores rendimientos para el manejo de los desechos sólidos y del material de cobertura.

Dentro de la operación del relleno sanitario es fundamental tener en cuenta:

Figura 4. Orientación de las celdas

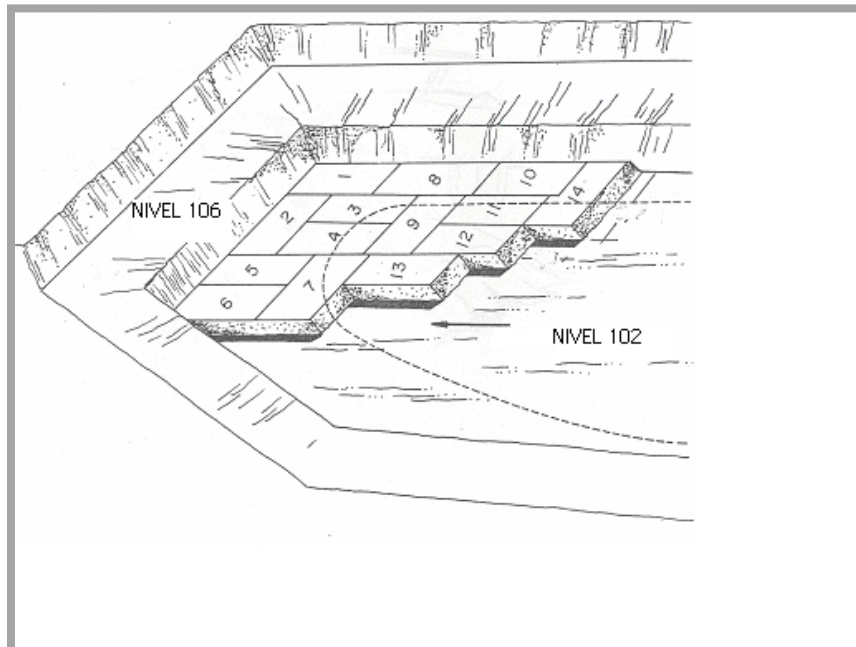


Figura 5. Compactación de celda con rodillo y rastrillo

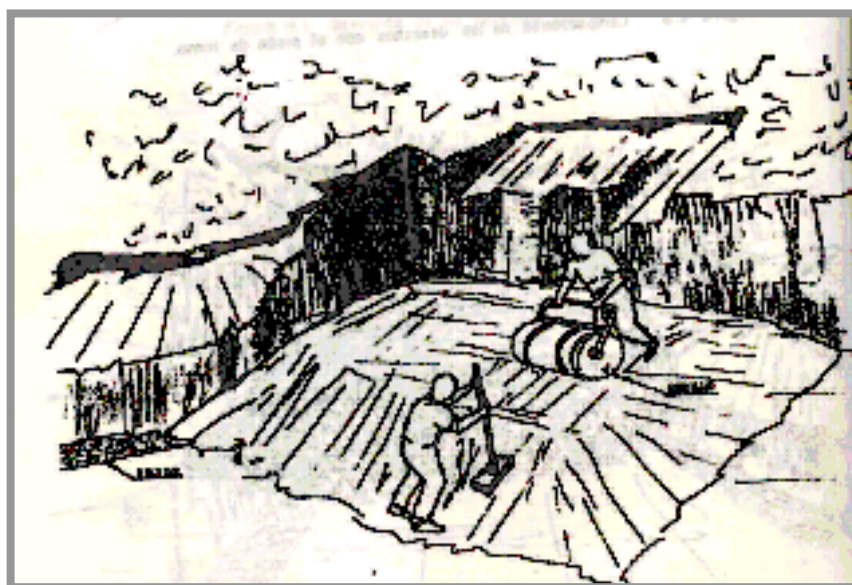
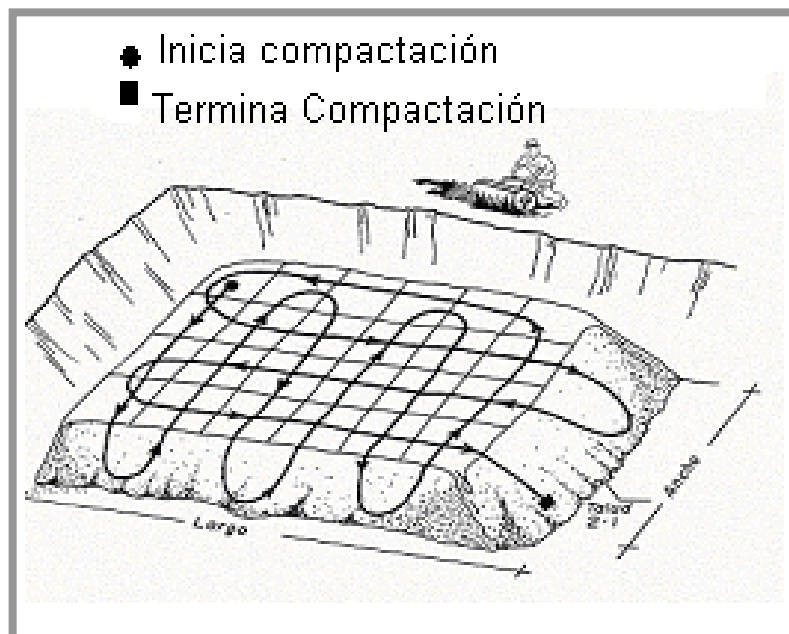


Figura 6. Esquema del rodillo compactador manual



4.4.1. El espesor del regado

Para asegurar una compactación adecuada, el espesor de regado y compactada de la capa de los desechos sólidos no debe exceder de 0.20 m.

4.4.2. Pendiente del frente de trabajo

El grado de compactación de los desechos sólidos se dificulta considerablemente cuando se compactan en pendientes muy pronunciadas.

Se recomienda para la operación manual, una pendiente de trabajo tanto para los desechos sólidos como para la cobertura de dos (2.0) m horizontal por un (1) m vertical (2.0 H:1.0 V).

4.4.3. Cobertura intermedia

La cobertura intermedia o diaria será de 0.20 m.

4.4.4. Cobertura final

La cobertura final del relleno sanitario, incluye además, de la cobertura intermedia en las celdas del nivel final una capa de 0.50 m de suelo orgánico y 0.10 m de grama tipo macana, para una capa total de 0.60 m de altura.

El transporte del material de cobertura se hace cargando la volqueta con la retroexcavadora y/o con coches.

4.4.5. Circulación del vehículo en el relleno

La vía de acceso a las plataformas se empalmará desde la vía principal. Esta sufrirá modificaciones de acuerdo al nivel de las plataformas, por lo cual el supervisor diseñará modelos de ruta de acuerdo a las necesidades de las mismas, en el caso que lo requieran.

4.5. Operación en época de invierno

El cumplimiento de las siguientes recomendaciones es de vital importancia para la correcta operación del relleno sanitario en esta época:

4.5.1. Movimientos de tierra

En lo posible se debe programar las excavaciones de las plataformas y acarreo del material para cobertura y terraplenes en época de verano.

El material que quede expuesto para el cubrimiento de la celda del día siguiente deberá protegerse con plástico para evitar que se moje en caso de lluvias inesperadas y/o esparzan por efectos del viento.

4.5.2. Disposición de desechos sólidos

No se construirán celdas mientras dure la precipitación, cubriendo los desechos sólidos con polietileno. Evitando de esta manera la producción de lixiviado y olores, y tan solo se cubrirá la celda una vez las condiciones climáticas así lo permitan.

4.5.3. Vías internas

La circulación de vehículos en época de invierno dentro del relleno sanitario es difícil. Para estos casos se regará suficiente material grueso o

se hará la vía sobre trozos de madera (empalizadas). También se aprovecharán los escombros de demolición que lleguen al relleno.

4.5.4. Otras recomendaciones

- Los operarios deberán permanecer de lunes a sábado en el relleno sanitario manual - mecánico.
- Por ningún motivo se debe reciclar en el sitio de disposición final.
- Se debe potencializar la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) y esta deben conversar con los Proyectos Ambientales Escolares (PRAES).
- El relleno sanitario manual - mecánico, puede ser el futuro cercano un sitio de prácticas ecológicas y de enseñanza para la población de Yondó, para lo cual se debe procurar porque este sea un ejemplo en la zona.
- Revisar la información del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y su aplicación con el diseño del relleno sanitario.

ANEXO 1. INSTRUCTIVO SOBRE LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO MANUAL - MECÁNICO

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	36
2. DEFINICIONES	37
3. RECOMENDACIONES A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE YONDÓ PARA UN MANEJO Y OPERACIÓN ADECUADO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL – MECÁNICO	39
4. HERRAMIENTAS NECESARIAS EN LA OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL - MECÁNICO Y SUS USOS	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 7. Terreno Original	42
Figura 8. Adecuación de Plataforma con Obras de Infraestructura.....	42
Figura 9. Esparcimiento de residuos sólidos utilizando Rastrillo	43
Figura 10. Conformación de la celda, altura de residuos sólidos hasta 0.80 m	44
Figura 11. Compactación de la celda.....	45
Figura 12. Conformación de celdas en la plataforma.....	47
Figura 13. Compactación de la celda.....	48
Figura 14. Distribución de las celdas en la plataforma	49
Figura 15. Herramientas para la operación del relleno sanitario.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Este anexo se presenta con el ánimo de facilitar la operación del relleno sanitario manual, el cual permite ver en forma detallada cada uno de los pasos requeridos para llevar a cabo esta actividad, así mismo brindar elementos para la adecuación de la infraestructura complementaria al relleno.

Se espera que este documento sea de gran utilidad para la alcaldía del municipio de Yondó y la empresa de aseo en la implementación del manejo integral de los residuos sólidos y en la operación del relleno sanitario.

Vale la pena anotar que este anexo es utilizado por CORANTIOQUIA como base fundamental del proceso de educación ambiental para el manejo y disposición final de los residuos sólidos.

2. DEFINICIONES

- **Terreno original:** es el lote previamente seleccionado, que cumpla con los parámetros ambientales y técnicos establecidos.
- **Canal perimetral:** brecha que se excava con el objetivo de interceptar y conducir las aguas lluvias por fuera del terreno.
- **Lixiviados:** líquido producido por los residuos sólidos y el ingreso de aguas lluvias al área del relleno sanitario.
- **Desfogue de gases:** estructuras en piedra para evacuar los gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica.
- **Terreno preparado:** área donde se ha extraído la tierra necesaria, conformando una zona plana para la disposición de la basura.
- **Basuras:** desechos producidos por las actividades del hombre.
- **Cerco perimetral:** encerramiento del terreno por medio de estacones y alambre de púas para evitar el ingreso de animales y de personas extrañas al manejo del relleno sanitario manual.
- **Celda:** es el volumen ocupado por las basuras producidas en una recolección típica, debidamente compactadas y en el sitio de disposición final.

- **Compactar:** apisonar las basuras con el fin de reducir el volumen ocupado.
- **Escorrentía:** agua que cae directamente sobre un área específica después de una lluvia.
- **Material de cobertura:** capa de tierra utilizada para tapar los residuos sólidos depositadas en el sitio de disposición final.
- **Plataforma:** área específica donde se depositan las basuras.
- **Talud:** especie de rampa natural que nos sirve para dar estabilidad al terreno, o para recostar los residuos sólidos.
- **Reciclaje:** es la recuperación de subproductos de las “basuras” (cartón, vidrio, papel, plásticos, chatarra, etc.) para ser procesados nuevamente como materia prima y fabricar elementos para ser utilizados en procesos de producción.
- **Rodillo compactador:** rodillo metálico, ocupado en sus 3/4 partes en aceite usado para lograr una mayor compactación de los residuos sólidos en las celdas.

3. RECOMENDACIONES A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL MUNICIPIO DE YONDÓ PARA UN MANEJO Y OPERACIÓN ADECUADO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL – MECÁNICO

- A los canales perimetrales o de aguas lluvias debe aplicarse una lechada en suelo - cemento para evitar su destrucción de estos por los efectos de la lluvia y/o deberán construirse en geomembrana.
- Los filtros para lixiviados deben construirse a medida que avanza la conformación de celdas para evitar su colmatación y obstrucción.
- En los filtros para lixiviados se debe dejar aproximadamente cada 1.0 m, un espacio sin excavar de 0.5 m (compuerta en tierra) con el fin de retener los lixiviados de manera eficiente en dichos filtros.
- El desfogue de gases debe construirse a medida que avance el relleno sanitario, para evitar su derrumbamiento.
- La conformación de celdas para la disposición de las basuras debe hacerse de acuerdo a las dimensiones establecidas en el respectivo diseño, en forma secuencial y ordenada para evitar el funcionamiento inadecuado del relleno sanitario.
- Una vez conformada la celda interdiaria, esta debe recubrirse mínimo con una capa de tierra de 0.20 m y compactarla utilizando los pisones, el rodillo manual.
- Al compactarse a la celda se le debe dar a ésta una pendiente contra

el talud del 1.0 %, para evitar encharcamientos en época de lluvia.

- Después de conformada la celda y antes de conformarse la segunda celda, se debe descubrir un área de un 1.0 m², es decir (hacer una ventana de 1.0 m x 1.0 m) en la primera con el fin de que los gases circulen por todo el volumen de los residuos sólidos en la plataforma de operación.
- Una vez conformada la celda (con basura), no debe dejarse descubierta, para evitar la proliferación de moscas y roedores; así mismo para evitar la llegada de gallinazos.
- Al finalizar las labores del día en el relleno sanitario no debe permanecer en su área ningún tipo de desecho sin cubrir.
- El área del relleno sanitario debe cercarse y reforestar su perímetro con fines estéticos y paisajísticos, las especies serán recomendadas por la autoridad ambiental.
- Al finalizar la vida útil del relleno sanitario manual se deberá recubrir el lote con una capa de tierra mínimo de 0.60 m y así integrarlo nuevamente al medio natural y su posible utilización en otra actividad económica.

4. HERRAMIENTAS NECESARIAS EN LA OPERACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL - MECÁNICO Y SUS USOS

- **Rastrillo:** este se utiliza para distribuir uniformemente las basuras y conformar la celda debidamente dimensionada y hacer limpieza en las áreas adyacentes del relleno sanitario
- **Picas:** se emplean para extraer el material de cobertura y dar mantenimiento a los canales perimetrales e internos y para la construcción de filtros de lixiviados entre otros.
- **Barra:** se emplea en la extracción del material de cobertura y de rocas o piedras.
- **Palas:** se utilizan tanto para el cargue de material de cobertura como para manipular las basuras.
- **Carretilla:** se utiliza para el transporte de basuras, material de cobertura y material reciclado.
- **Rodillo compactador:** una vez conformada la celda se compacta, posteriormente se cubre con tierra (capa de 0.20 m) y se vuelve a compactar con el rodillo y así sucesivamente, hasta alcanzar una densidad alta de compactación.
- **Placa Vibradora:** Esta podrá utilizarse para mejorar la compactación del relleno sanitario, así la densidad será mayor y por ende la vida útil.

Figura 7. Terreno Original



Figura 8. Adecuación de Plataforma con Obras de Infraestructura

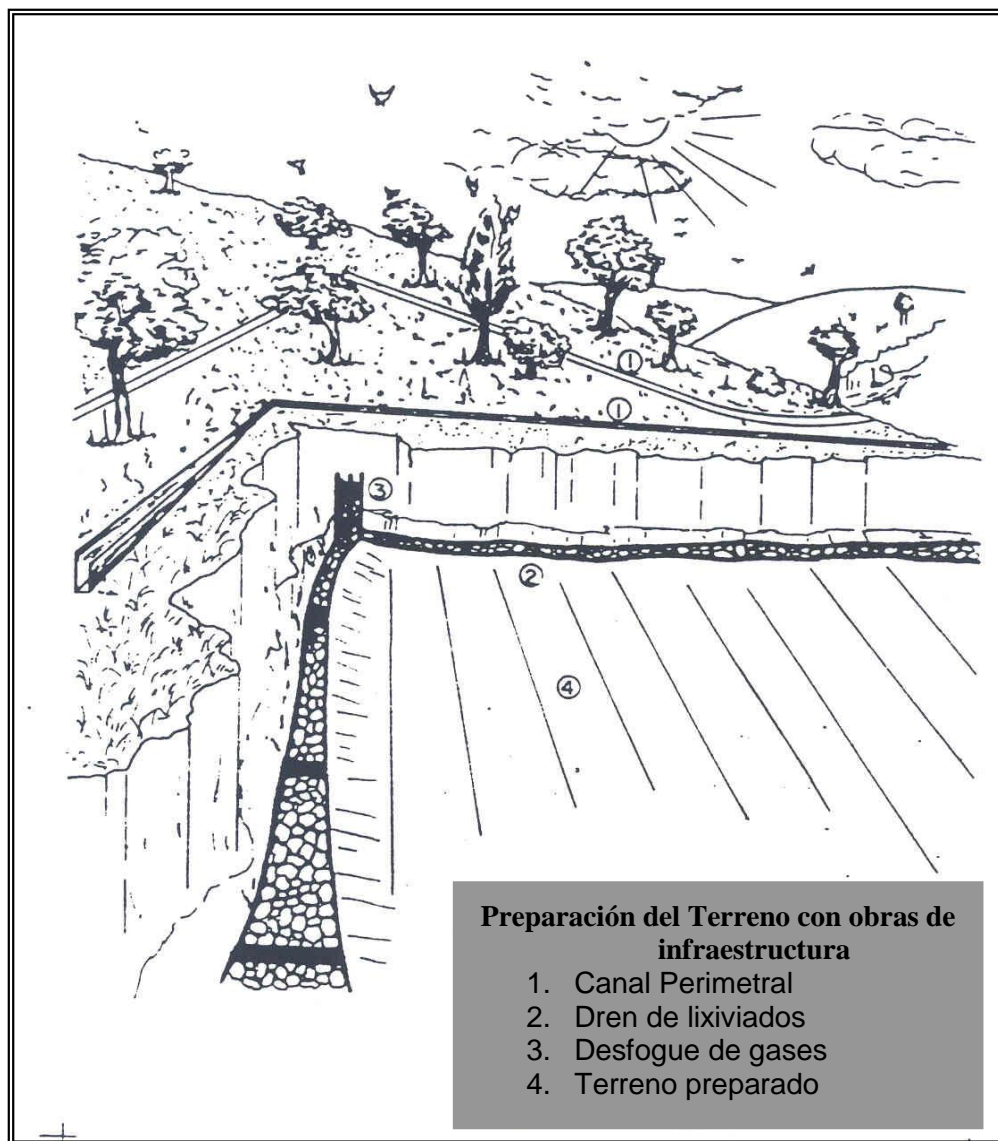


Figura 9. Esparcimiento de residuos sólidos utilizando Rastrillo

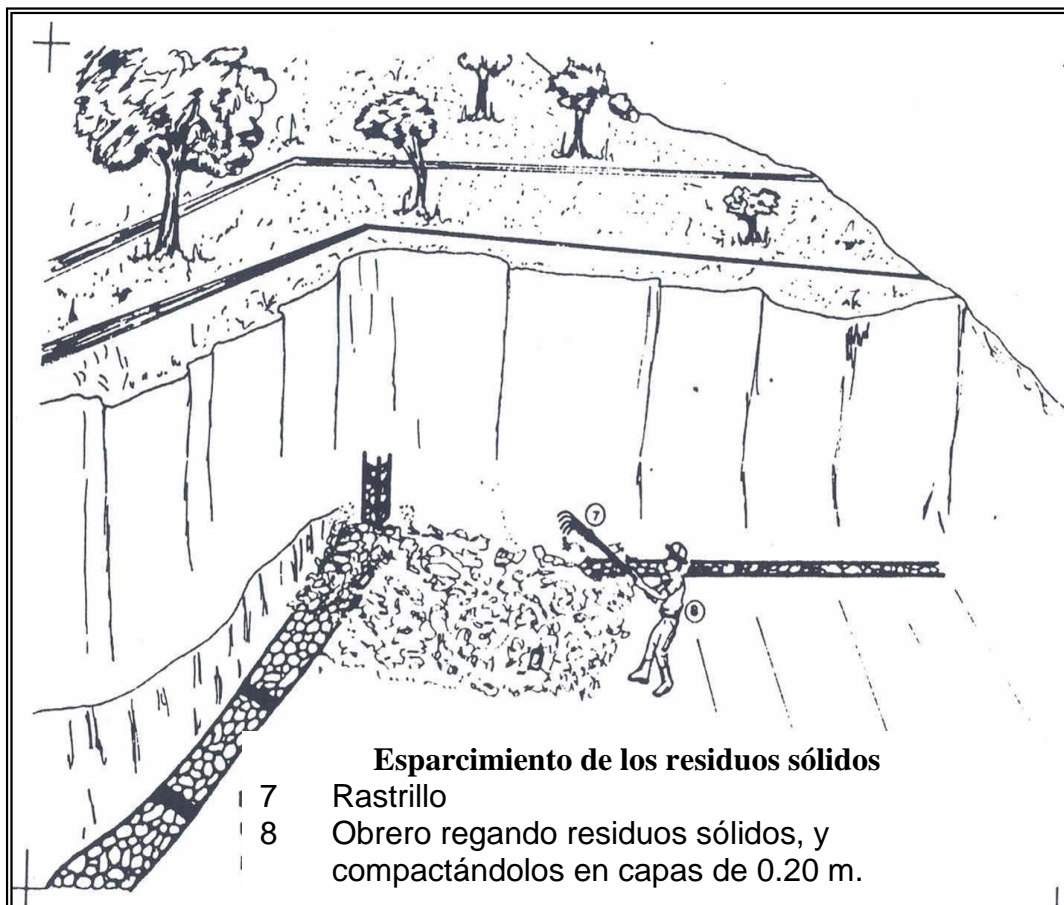


Figura 10. Conformación de la celda, altura de residuos sólidos hasta 0.80 m

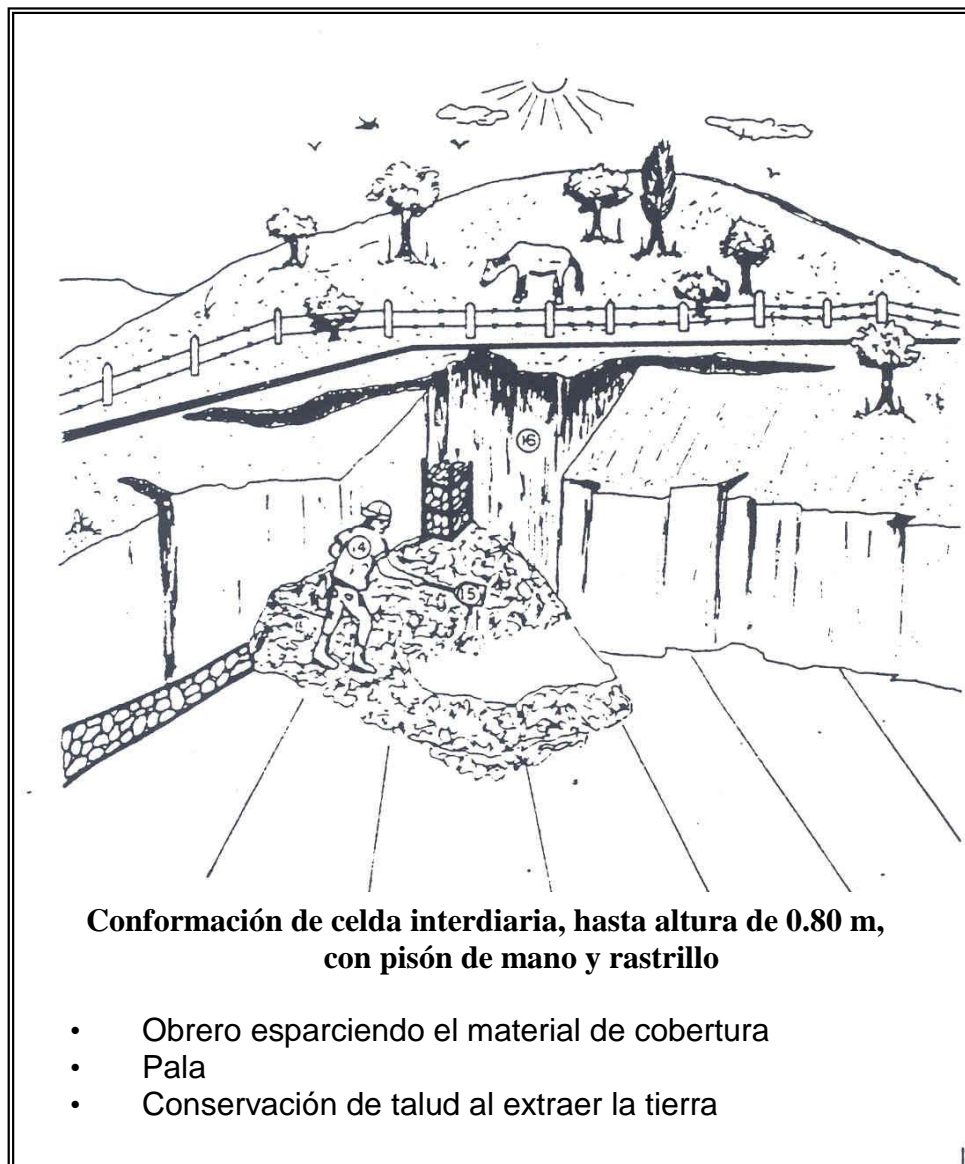


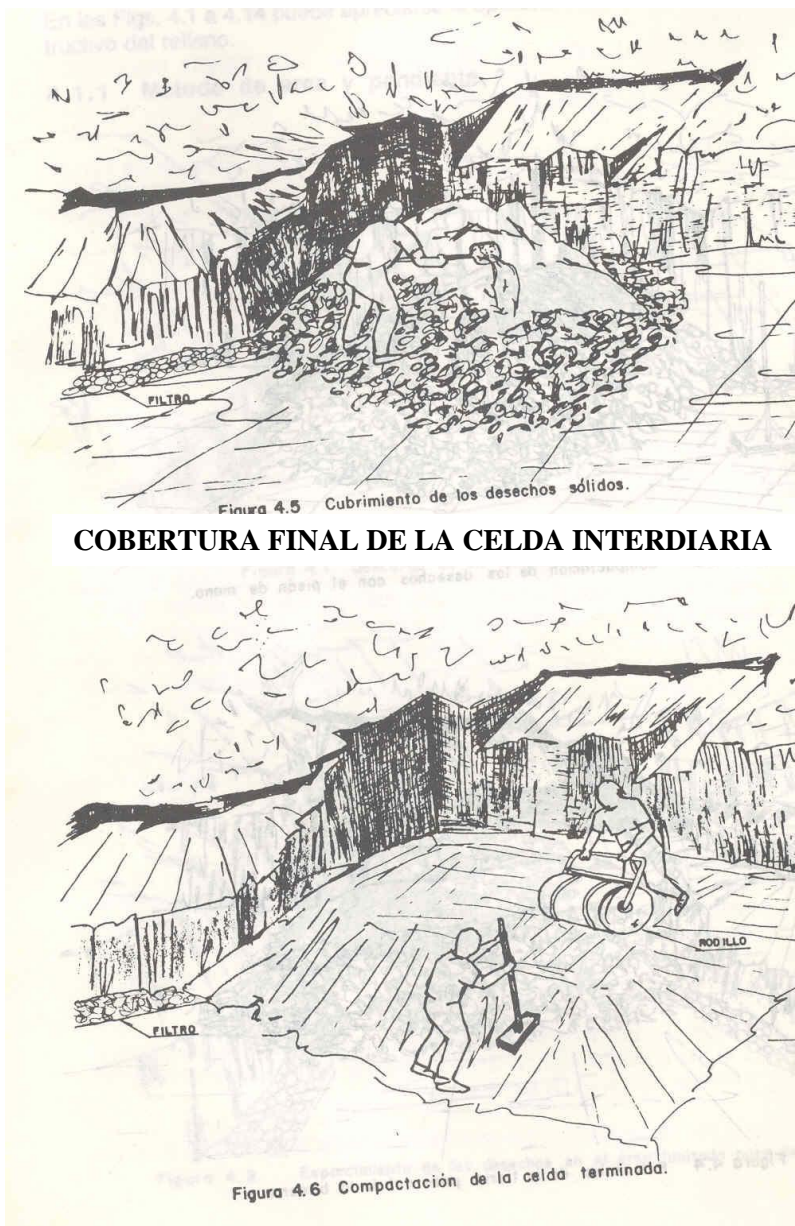
Figura 11. Compactación de la celda



Figura 12. Conformación de celdas en la plataforma de operación



Figura 13. Compactación de la celda



**COMPACTACIÓN DE CELDAS CON
RODILLO Y RASTRILLO**

Figura 14. Distribución de las celdas en la plataforma

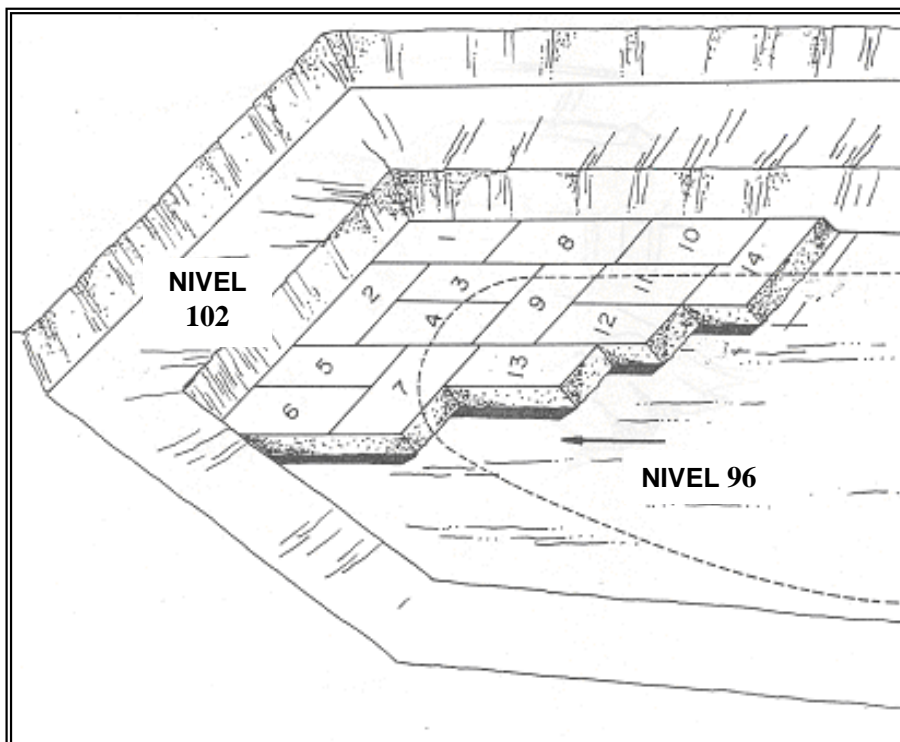


Figura 15. Herramientas para la operación del relleno sanitario

