

# TECNOLOGÍA DE BAJO COSTE PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS

## VERTEDERO CONTROLADO



# ÍNDICE

|  |                |
|--|----------------|
| <b>DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO O VERTEDERO CONTROLADO.....</b>       | <b>pág. 3</b>  |
| <b>APLICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE KIMPESE.....</b> | <b>pág. 3</b>  |
| <b>RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....</b>                                     | <b>pág. 4</b>  |
| <b>UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....</b>                              | <b>pág. 5</b>  |
| <b>PROTECCIÓN DEL SUELO Y DE LAS AGUAS.....</b>                          | <b>pág. 5</b>  |
| <b>CONTROL DE GASES.....</b>   | <b>pág. 5</b>  |
| <b>INFRAESTRUCCTURA.....</b>   | <b>pág. 6</b>  |
| <b>DISEÑO Y METODOS DE CONSTRUCCIÓN.....</b>                             | <b>pág. 7</b>  |
| <b>CONSTRUCCIÓN.....</b>   | <b>pág. 12</b> |
| <b>USO FUTURO DEL ÁREA DESPUÉS DEL CIERRE.....</b>                       | <b>pág. 17</b> |

# VERTEDERO CONTROLADO

## DEFINICION DE RELLENO SANITARIO O VERTEDERO CONTROLADO

Un relleno sanitario o vertedero controlado es un agujero en el que se compacta e impermeabiliza tanto el fondo como los laterales. En estos rellenos, la basura se coloca en capas y se recubre todos los días con una delgada capa de tierra para dificultar la proliferación de ratas y malos olores, y disminuir el riesgo de incendios.

## APLICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE KIMPESE

La ciudad de Kimpese está ubicada en La República Democrática del Congo. En ella los perjuicios a cerca de los residuos quedan en la ignorancia para la mayoría de la población aunque los efectos se hacen sentir por el gran número de enfermedades hídricas.

La población no sabe qué tipo de residuos genera, y los tiran donde les parece, al borde de la calle, en los ríos, parcelas abandonadas, etc. Es raro encontrar vertido en parcelas habitadas. En las fotos que mostramos a continuación podemos ver ejemplos de vertidos en cualquier lugar de los antes mencionados:



Fig. 1. Vertido en la carretera



Fig. 2. Vertido en ríos

Es obvio que hay que dar solución a este problema, o por lo menos intentarlo y para ello se emplearán los medios existentes en la ciudad de Kimpese para la construcción de un Relleno Sanitario Convencional con Sistemas Naturales de Alta Velocidad.

Los Sistemas Naturales de Alta Velocidad consisten en acelerar los procesos de la propia naturaleza, es decir, hay que poner medios naturales para que los procesos aerobios, anaerobios, etc. vayan más rápido.

## **RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

El concepto de residuo lo aplicamos a aquellas materias procedentes de las actividades humanas. Podemos encontrar entonces residuos agrarios, forestales, de las actividades extractivas o mineras, industriales, sanitarios, nucleares, etc. Así, Residuos Urbanos (RU) sería toda materia orgánica o inorgánica o de su área de influencia, que es desechada como inútil; como normalmente se trata de productos en estado sólido también es habitual denominarlos Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Los RSU pueden tener un origen muy diverso:

- Domésticos, normalmente de dimensiones pequeñas o medianas, y recogidos en bolsas.
- Domiciliarios voluminosos (muebles, electrodomésticos, etc.)
- Comerciales, normalmente producidos por establecimientos
- Residuos de la limpieza viaria (ramas, hojas, etc.)
- Desperdicios diversos que se abandonan en las vías públicas
- Residuos de la construcción (yesos, madera, ladrillo, etc.)

La descomposición de la materia orgánica contenida en los Residuos Sólidos Urbanos se realiza inicialmente por vía aeróbica y posteriormente, una vez consumido todo el oxígeno del aire, por vía anaeróbica. El resultado de este proceso es el biogás de vertedero, que está compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono en proporciones próximas al 50%. También se generan pequeñas cantidades de nitrógeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno, así como otros compuestos orgánicos volátiles de efectos muy contaminantes y alta toxicidad.

## UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Para la ubicación de un relleno sanitario deberán tomarse en consideración los requisitos siguientes:

- a) Las distancias entre el límite del relleno y las zonas residenciales y recreativas, vías fluviales, masas de agua y otras zonas agrícolas o urbanas.
- b) La existencia de aguas subterráneas, aguas costeras o reservas naturales en la zona.
- c) Las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la zona.
- d) El riesgo de inundaciones, hundimientos, corrimientos de tierras o aludes en el emplazamiento del vertedero.
- e) La protección del patrimonio natural o cultural de la zona.

## PROTECCIÓN DEL SUELO Y DE LAS AGUAS

Todo relleno sanitario deberá estar situado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para impedir la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recogida eficaz de los lixiviados. Para ello se dispondrá en capas, las cuales explicaremos más adelante.

## CONTROL DE GASES

1. Se tomarán las medidas adecuadas para controlar la acumulación y emisión de gases del relleno.
2. En todos los rellenos que reciban residuos biodegradables se intentará recoger los gases, se tratarán y se aprovecharán. Si el gas recogido no puede aprovecharse para producir energía, se deberá quemar.
3. La recogida, tratamiento y aprovechamiento de gases se llevará a cabo de forma tal que se reduzca al mínimo el daño o deterioro del medio ambiente y el riesgo para la salud humana.



## INFRAESTRUCTURA

En primer lugar se debe elegir el método más apropiado para la construcción del Relleno Sanitario.

Como se puede apreciar en las siguientes fotos los vertidos ya son existentes y por tanto lo principal es hacer que desaparezcan lo antes posible. El método que se elegiría sería el método área, aunque se empezaría a trabajar picando, cubriendo y compactando, puesto que es imposible realizar los procesos de impermeabilización y los canales de drenajes.



Fig. 3. Vertidos Hospital



Fig. 4. Vertidos Mercados

En el caso del mercado se podría realizar compost con el vertido. Esto consistiría en primer lugar en picar el vertido puesto que estará compactado y habría que airearlo para que se produzca el proceso correctamente. Después se cubrirá el vertido con una capa de hojas secas y a continuación otra capa de tierra y se travesarán dichas capas con cañas de bambú para que entre oxígeno y se produzca un proceso aerobio por el cual la materia orgánica del vertido se descompone más rápidamente. Hay que humedecer la capa superficial 2-3 veces a la semana y en un par de meses se habrá producido composta. Una forma rápida de saber si se está realizando bien el proceso es la aparición de lombrices, si existen el proceso va correcto y es un compost de buena calidad para realizar siembra. De todos modos, esto se explica con más detenimiento en el documento llamado “COMPOSTAJE” que está ubicado en esta plataforma.

## DISEÑO Y MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

El diseño y construcción del relleno debe basarse en los estudios preliminares de la zona, en las normas de construcción (requerimientos de aislamiento del vaso, recuperación del gas del relleno, etc.) y en la supervisión y control del medio ambiente.

Las etapas de construcción son:

- Limpieza: es la eliminación de todos aquellos impedimentos que obstaculizan el paso de máquinas y equipos (matorrales, árboles, muros, etc.).
- Adecuación: preparación del terreno para darle la geometría deseada y preparación de la superficie para adecuarla al grado de impermeabilidad, en función del tipo de residuos a recibir.
- Accesos: se construyen caminos de acceso que permitan el paso de vehículos de recogida en cualquier época del año.
- Vallado periférico: impide el acceso de animales y personas.
- Servicios: cada Relleno Sanitario debe disponer de una serie de servicios auxiliares, como son los de agua, luz y teléfono.
- Red de desviación de pluviales: las aguas de escorrentía superficiales no pueden ni deben entrar en el área de vertido, pues a lo único que llevaría es a aumentar la producción de lixiviados; por ello, deben ser desviadas mediante la construcción de canales abiertos situados en la zona más elevada y rodeando todo el área de vertido. Cuando por características de la zona (pendientes y cuencas) el agua penetre en el relleno, se realiza una canalización por la parte subterránea del emplazamiento, volviendo a salir al cauce normal una vez traspasada la zona de vertido.
- Pantalla ecológica y vegetal: todos los rellenos deben llevar una barrera ecológica formada de tierra y árboles, con el fin de reducir el impacto visual y reducir los posibles olores generados en el vertido.

- Sistema de recogida y tratamiento de lixiviados y gases (biogás): sobre la superficie preparada de cada vaso de vertido y antes de depositar los residuos se debe disponer una capa de drenaje que recoja los lixiviados y los canalice, mediante una red de tuberías, a un depósito de almacenamiento para su control y posterior tratamiento antes de su vertido, si fuese preciso.

En esta etapa, también se instala el sistema de drenaje y almacenaje de lixiviados y se inicia la instalación del sistema de recuperación de los gases. Normalmente, este último se va instalando durante el periodo de explotación del vaso, para iniciar la recuperación del gas tras la clausura total o parcial.





**ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE IMPERMEABILIZACIÓN DEL FONDO DEL VASO Y TALUDES INTERIORES (SIN ESCALA DETERMINADA)**



La geomembrana habrá que buscar un tipo de material existente en Kimpese, como pueden ser bolsas de plástico para que hagan la función de capa impermeable. Y cuando aparezca geotextil (es una malla) habrá que colocar por ejemplo bambú formando una malla.

## MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

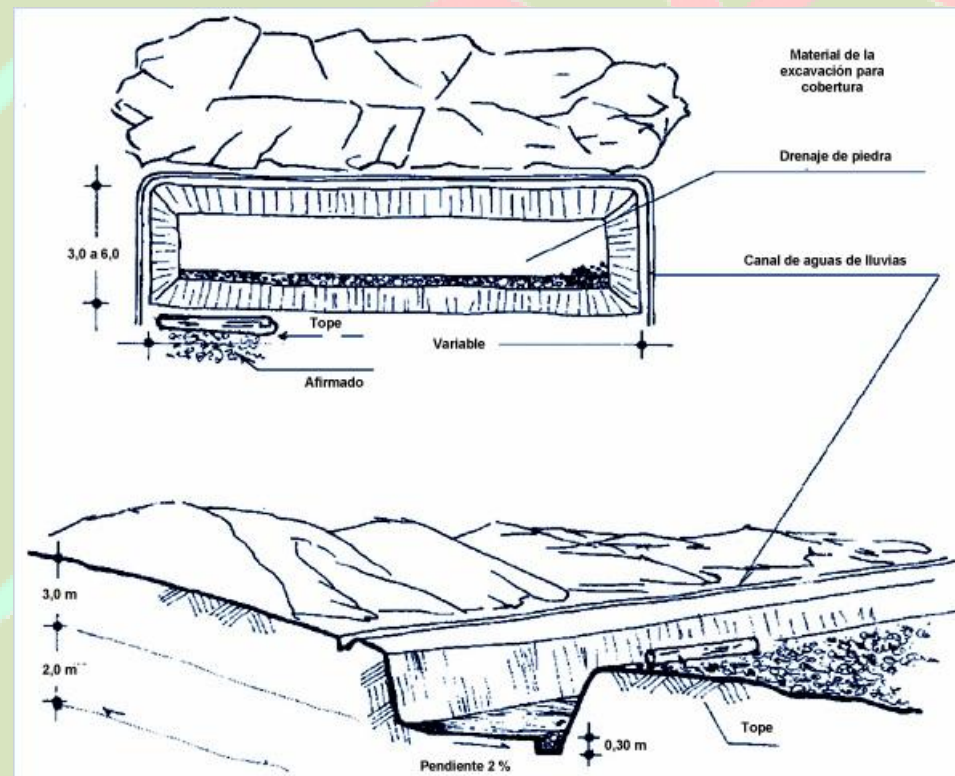
### ❖ Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, pudiéndose excavar a mano.

La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura, los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra diariamente.

Hay que tener lista una nueva zanja antes de clausurar la que está en uso.

Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie del suelo no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

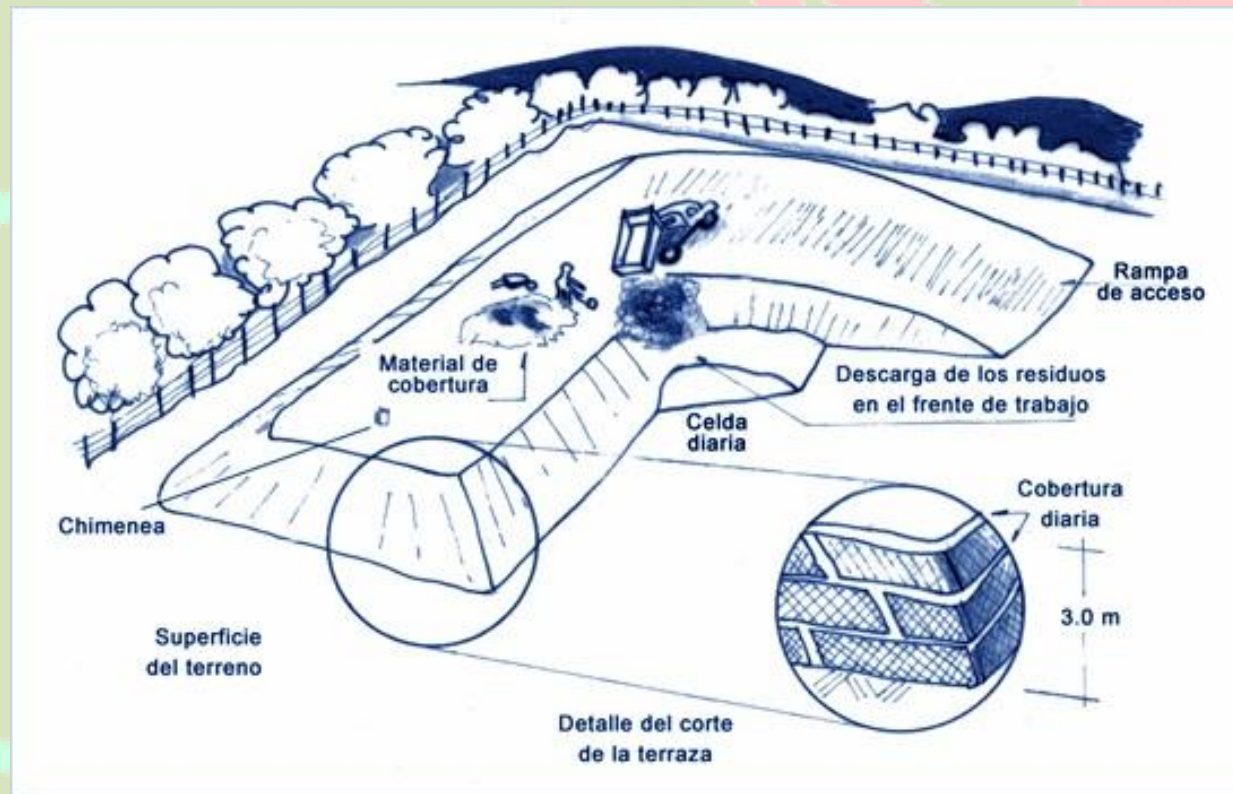


❖ Método de área

Método aplicado en terrenos o áreas planas/semiplanas, donde no sea factible excavar zanjas o trincheras para disponer y confinar los residuos.

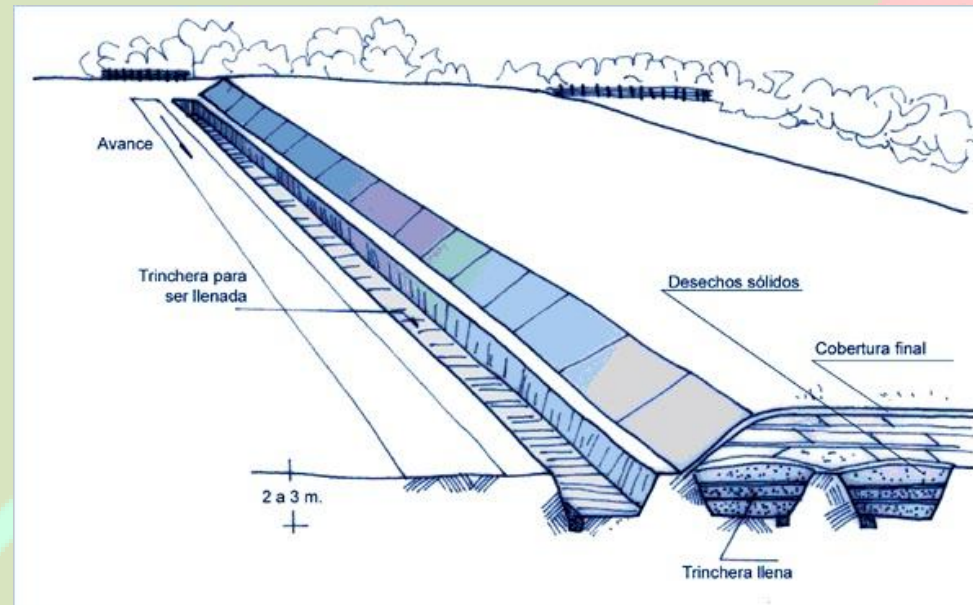
El suelo debe ser acondicionado y nivelado antes de la disposición de residuos.

Las celdas se construirán con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno hasta la altura proyectada.



### ❖ Combinación de ambos métodos

El método combinado se aplica en terrenos planos, donde se inicia la operación por el método de trinchera y finalizándolo por el de área.



## CONSTRUCCIÓN

### LIMPIEZA Y TRATAMIENTO DEL SUELO

Para llevar a cabo la construcción del Relleno Sanitario hay que preparar el terreno, y para ello hay que cortar árboles y arbustos, quitar maleza, hierbas o residuos de las siembras, sacar los troncos y las raíces o cortar éstas, retirar o estibar el producto del desmonte al lugar que se indique, así como quemar lo inutilizable.

A continuación se nivelará el suelo, realizando excavaciones o movimientos de los materiales en el terreno, se excavará para obtener el material de cobertura y se acarreará dicho material hasta el punto de construcción.

## PROCESO CONSTRUCTIVO

### ❖ Herramientas

Las herramientas necesarias para la operación del Relleno Sanitario manual consisten en utensilios de albañilería, como palas, azadones, barras, picos o pichas, pisones de mano, rastrillos, horquillas, etc, más un rodillo compactador manual.

### ❖ Construcción de trincheras

Se realizarán trabajos de movimiento de tierras, ejecutando excavaciones en el terreno. Se nivelará y compactará el fondo y paredes de la trinchera mediante materiales rudimentarios como pueden ser embalajes de plástico, botellas de plástico, o cualquier material de plástico.

El uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común en los países más desfavorecidos.

### ❖ Construcción de drenes de lixiviados en trincheras

Se construirán a lo largo de toda la longitud de las trincheras. Los drenes, al igual que las trincheras pueden ser impermeabilizados mediante arcilla. El interior del dren está formado por piedras de 4" a 6" de diámetro aproximadamente y cubierto por material que permita filtrar los lixiviados.

Existe la posibilidad de usar caña de bambú perforada en la conformación del dren de lixiviados, esta caña debe estar protegida por una capa de grava de menor diámetro para evitar daños a la misma.

### ❖ Construcción de drenes de lixiviados en plataformas

Se construirán drenes de lixiviados en el exterior de las plataformas, en todo lo largo a pie de talud, de esta forma se irán evacuando los líquidos contaminados del montón del vertedero. La poza de captación será impermeabilizada con materiales más rudimentarios citados anteriormente.

## ❖ Construcción de celdas

Las celdas son compartimentos dentro del Relleno Sanitario, a las que se les interpone una capa de cobertura intermedia para independizarlas.

Pasos a seguir para la construcción de las celdas:

- Para la construcción de la primera celda se debe delimitar el área que ocupará, de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad de desechos y grado de compactación fundamentalmente.
- Descargar la basura en el frente de trabajo.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 20 a 30 centímetros y compactar hasta obtener la altura recomendada para la celda en el frente de trabajo.
- Cubrir las basuras compactadas con la tierra una vez al día al final de la jornada con el espesor suficiente para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie.
- Compactar toda la celda hasta obtener una superficie uniforme.

La cobertura de los desechos se realizará en tres etapas:

- 1ra. Etapa. Cobertura Diaria: en este tipo de cobertura el espesor de la capa de suelo puede ser de 20 a 30 cm.
- 2da. Etapa. Cobertura Intermedia: se recomienda un espesor de capa de 30 a 40 centímetros, compactada a cada 15 o 20 centímetros, la cual deberá ser colocada cada semana y se deberá controlar que no se erosione.
- 3ra. Etapa. Cobertura Final: esta deberá tener un espesor de 60 centímetros, compactada en capas de 20 centímetros, del mismo tipo de tierra utilizada para las demás coberturas y 20 centímetros, adicionales de humus (tierra negra), con el fin de que se facilite el crecimiento de vegetación.

- *MATERIAL DE COBERTURA*

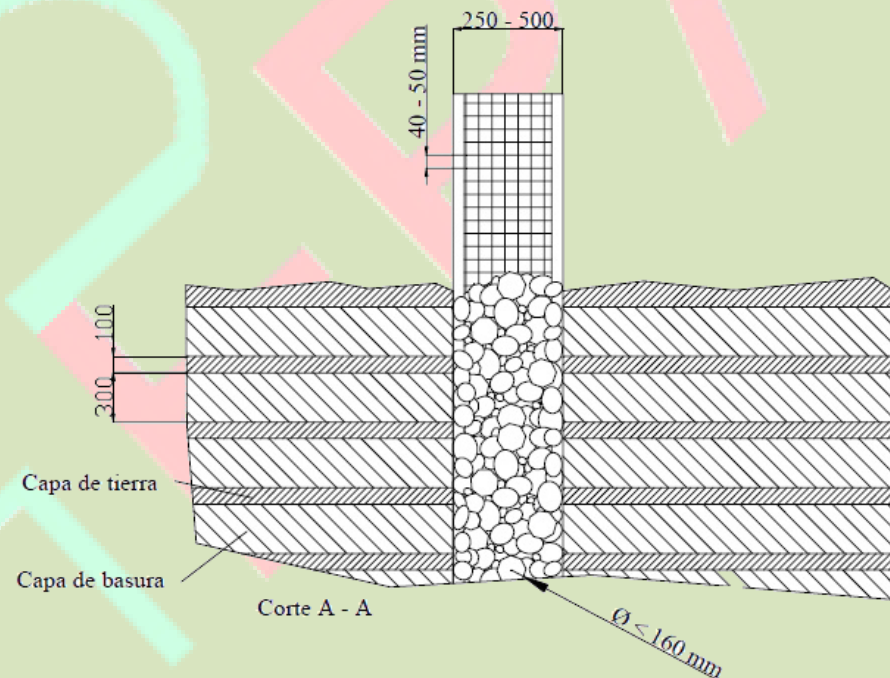
La cobertura o recubrimiento es la operación por la cual las basuras depositadas y ya compactadas son tapadas diariamente con material inerte.

- *COMPACTACIÓN*

La compactación es el proceso por el cual la basura ya depositada es aplastada por vehículos o apisonadores manuales.

- ❖ *Construcción de chimeneas*

Para Rellenos Sanitarios manuales es aconsejable realizar las chimeneas con un diámetro de 0.3 a 0.5 m y separadas de 20 a 50 m, considerando que como mínimo se colocará una por celda en la disposición final cuando el Relleno Sanitario es relativamente pequeño y no cuenta con celdas de más de 2500 m<sup>2</sup>.



## OPERACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL

El sellado de un Relleno Sanitario tiene como objeto evitar la entrada de agua procedente de las precipitaciones. Para ello se integrará en el lugar por medio de la siembra, especies idóneas que deberán ofrecer una protección suficiente contra la erosión por el agua o el viento y minimizar la infiltración del agua de lluvia.

Otro de los objetivos fundamentales del sellado es evitar emisiones de los gases a la atmosfera, los cuales, además de tener una valorización energética, suponen un riesgo para la capa de ozono y el efecto invernadero.

También es una función importante del sellado evitar el contacto directo o ingestión de los residuos por parte de los ecosistemas animales y vegetales, así como por parte de los seres humanos, aislando los contaminantes y limitando su dispersión.

La configuración típica es:

- I) Tierra vegetal (60 cm)
- II) Plástico
- III) Capa de drenaje (arena, 30 cm)
- IV) Arcilla compactada ( 60 cm)
- V) Tierra compactada (30 cm)
- VI) Residuos

## CIERRE Y POST-CIERRE

Para poder llevarse a cabo el cierre del Relleno Sanitario, a partir de la última capa de residuos se deberá:

- Instalar una capa de asentamiento de un espesor de 50 cm.
- Instalar un nivel drenante para la evacuación de gases.
- Instalar una capa de impermeabilización mineral natural (arcilla,  $k \geq 10^{-9}$  m/s) de un espesor entre 30 y 90 cm.
- Sobre la capa de impermeabilización se instalará un nivel drenante de 30 cm de espesor al cual se le sobrepondrá una primera capa de 50 cm de tierra capaz de soportar la vegetación y una segunda capa de tierra vegetal de 30 cm. debidamente abonada.



## OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es necesario para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones a largo plazo.

## **USO FUTURO DEL ÁREA DESPUÉS DEL CIERRE**

Los posibles usos de un Relleno Sanitario serían:

- Reforestación
- Recreativo
- Industrial

