



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia



CARRERA: TECNICATURA HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

MATERIA: GESTIÓN DE RESIDUOS

UNIDAD N° 5: TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL



UNIDAD N ° 5: TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL- 1era parte

TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Tratamientos

Una vez recolectados y antes de ser depositados en los sitios de disposición final (o rellenos sanitarios), los residuos sólidos pueden ser sometidos a procesos que produzcan beneficios técnicos, operativos, económicos y ambientales. Así, el objetivo del tratamiento y valoración de los residuos es realizar operaciones encaminadas a la eliminación o al aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos. La tecnología aporta multitud de soluciones, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

Tecnologías usadas en el tratamiento y valoración de residuos sólidos

Mecánicos	Clasificación; en función del interés económico o como paso previo a un procesamiento posterior Trituración; reduce la granulometría y el volumen de los residuos, los mezcla y homogeniza Compactación; reduce los espacios vacíos (densifica los residuos).
Térmicos	Incineración; quema controlada, a alta temperatura, en equipos especialmente diseñados y con dispositivos de control ambiental. Pirólisis; degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo, a temperatura inferior a la de la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético, y menos contaminación atmosférica.
Biológicos	Aeróbico; indicado para estabilización y compostaje. Sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor. Anaeróbico; importante en la producción de metano. La degradación de los residuos es más lenta y genera ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular, inclusive algunos gases bastante con mal olor y tóxicos (ejemplo, el ácido sulfhídrico —H ₂ S—).

El tratamiento y valoración son más eficaces cuando (a nivel local o regional), hay empeño en la reducción de la cantidad de residuos, evitando el desperdicio, reaprovechando los materiales, separando los reciclables y desechando los residuos de forma correcta.

Incineración

La incineración es un proceso de combustión controlada que transforma la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en materiales inertes (cenizas) y gases. No es un sistema de eliminación total, pues genera cenizas, escorias y gases, pero determina una importante reducción de peso y volumen de las basuras originales. La reducción de peso es aproximadamente del 70% y el volumen del 80 al 90% dependiendo fundamentalmente del contenido de fracciones de combustibles e inertes. Toda planta incineradora de residuos urbanos debe estar proyectada para realizar las siguientes operaciones:

- Recepción, pesaje y almacenamiento.
- Alimentación y dosificación de hornos.



- Extracción de cenizas y escorias.
- Enfriamiento de gases.
- Tratamiento de los gases y de las cenizas volátiles de combustión.
- Transporte de escorias.

Las distintas partes del incinerador deben cumplir una serie de requisitos mínimos para poder transformar los residuos en ceniza o escorias prácticamente inertes; para conseguir que los gases de combustión contengan la mínima cantidad de polvo y para que el agua utilizada en el proceso no represente un peligro de contaminación.

La utilización del sistema de incineración para tratar los residuos sólidos urbanos presenta las siguientes ventajas:

- Escasa utilización de terrenos.
- Posibilidad de implantación cerca del núcleo urbano.
- Puede tratarse cualquier tipo de residuos si su poder calorífico es adecuado.
- Puede adecuarse para la eliminación de fangos de aguas residuales.
- Existe la posibilidad, para plantas de gran capacidad, de recuperación de energía.

Sin embargo existen también una serie de inconvenientes que generalmente son de tipo económico:

- Inversión alta de la instalación.
 - Costes operacionales elevados.
 - Escasa flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos.
 - Técnica de explotación muy especializada.
 - Exposición a paros y averías, por lo que precisan un sistema alternativo.
 - Precisan, en mayor o menor grado, aporte de energía exterior para su funcionamiento.
 - No suponen un sistema de eliminación total, precisando un relleno para los rechazos.
- Los problemas de contaminación atmosférica están resueltos, pero suponen importantes inversiones en sistemas de depuración de humos.

También ha de considerarse el coste de tratamiento de las aguas residuales generadas por los residuos en la zona de almacenamiento y de las utilizadas en el enfriamiento de escorias.

La combustión de los residuos libera una cantidad de energía térmica que puede ser recuperada para usos como:

- Alimentación a una red de calefacción.
- Producción de agua caliente.
- Producción de vapor para la industria.
- Producción de energía eléctrica por vapor de alta presión.
- Accionamiento de turbinas por los gases de la combustión.

Reciclaje

El objetivo del reciclaje es la recuperación (ya sea de forma directa o indirecta) de los componentes que contienen los residuos urbanos. Este sistema de tratamiento viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos sólidos que debe tender a lograr los objetivos siguientes:

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar; y
- Protección del medio ambiente.

El reciclado puede efectuarse de dos formas. La primera consiste en la separación de los componentes presentes en las basuras, para su recuperación directa, dando así origen a lo que se conoce como "recogida selectiva". Para la efectividad de este sistema se necesita, por un lado, la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse (habitualmente se usan tres recipientes, uno para el vidrio, otro para los papeles y un tercero para el resto de la basura); y por otro lado la recogida de dichos componentes ha de realizarse por separado bien en vehículos distintos o en vehículos especiales compartimentados.

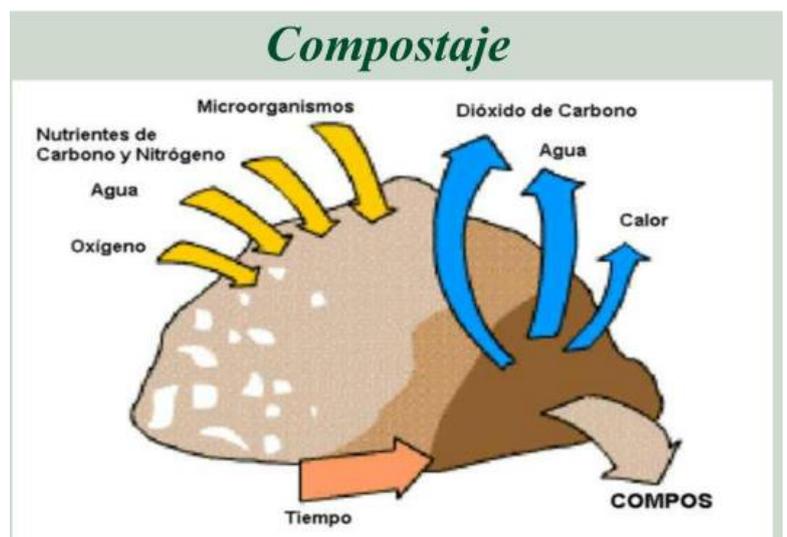
La segunda forma de efectuar el reciclado es partiendo de las basuras brutas, o sea efectuando un tratamiento global de los residuos sólidos urbanos mediante técnicas comunales de la industria minera y metalúrgica, tales como la trituración, cribado y clasificación neumática para lo concerniente a la preparación del residuo y separación de las fracciones ligeras; y sistemas de clasificación por vía húmeda, electromagnética, electrostáticos, ópticos y flotación por espumas para la obtención y depuración de metales y vidrio.

Compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica, por vía aerobia, de la materia orgánica (vegetales, papel, madera, etc.), contenida en los residuos sólidos urbanos en condiciones controladas.

El proceso lleva consigo la separación manual o mecanizada de la mayor parte de los metales, vidrio y plásticos lo que generalmente hace que el proceso se asocie al reciclaje de estos materiales.

La fermentación puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). En el primer caso tiene una duración de tres meses y de 15 días en el segundo.



Realmente se puede considerar como un proceso de reciclaje en el que se recupera la **fracción orgánica** para su empleo en la agricultura, lo que implica una vuelta a la naturaleza de las sustancias de ella extraídas.

El material resultante del proceso, llamado "compost", es un abono y no un fertilizante. Es más bien un regenerador orgánico del suelo. Sus efectos positivos sobre el suelo son:

- Suelta los terrenos compactados y compacta los demasiado sueltos.
- Aumenta la capacidad de retención de agua por el suelo.
- Es fuente de elementos nutritivos (nutrientes más oligoelementos).
- Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo.

Si deseamos realizar procesos de compostaje en nuestros hogares reduciremos el volumen de residuos sólidos, que se dispone en los rellenos sanitarios, y aprovecharemos el

compost generado como nutriente de suelos en jardines, macetas y huertas

Se debería preparar un "generador de compos", en un lugar aireado, como es un jardín, un parque, una huertas. Este generador debe ser un recipiente de aproximadamente 1m³ cuyas paredes laterales deben posibilitar la entrada de aire a través de los materiales que dispondremos para el compostaje.

Dentro del generador se deben colocar los materiales orgánicos intercalándolos con capas de tierra o arena.

Compostaje Doméstico

Qué puede utilizarse y qué no



SI	NO
> Hojas secas	> Desechos de carne
> Residuos de poda	> Desechos de pescados
> Pasto cortado	> Grasas y aceites
> Cáscaras de frutas	> Alimento para mascotas
> Descartes de vegetales	> Materiales inorgánicos
> Café, té, yerba	> Ceniza de carbón
> Cáscaras de huevos	> Excrementos de gatos/perros
> Aserrín de madera	> Productos lácteos
> Descartes de pan	
> Trozos de papel	

Ing.M.L.Smith 38

Disposición final de residuos sólidos

Relleno Sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final o vertido controlado de residuos sólidos que es recomendable para ser aplicado en aquellos centros urbanos que cuenten con tierras aptas para esta actividad y relativamente cercanas para evitar fugas o pérdidas en el traslado y elevado costo de transporte. Es una técnica que no genera riesgos para la salud y no perjudica el medioambiente, siempre y cuando se respeten las especificaciones técnicas del mismo.

Básicamente, esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra y compactándola para reducir su volumen.



Además, prevé los problemas que pueden causar los líquidos y gases, producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Así mismo, para describirlo un poco se pueden considerar las siguientes características:

- ❖ El almacenamiento se realiza de tal forma que evitan molestias y riesgos para la salud pública así como la degradación del medio ambiente.
- ❖ El terreno dedicado a vertedero está perfectamente delimitado y cercado.
- ❖ Existe un control de accesos, de vehículos y personal.
- ❖ No se quema residuo, ni se producen malos olores, la basura está totalmente cubierta. No hay gente escarbando los desechos, existen drenajes de interceptación de aguas superficiales y control sanitario.
- ❖ Si tiene las obras de ingeniería adecuadas para el control ambiental de las emisiones de gases, del control y tratamiento de lixiviados, si es que son necesarios, si cuenta con programas de monitoreo ambiental, y si tiene planes de clausura y post-clausura.
- ❖ Un aspecto importante para remarcar es que los enterramientos sanitarios posibilitan métodos más complejos de tratamiento y llevan a cabo acciones correctivas en caso de contaminación de las napas, cursos de aguas y/o suelos.

En relación con la disposición final de residuos sólidos, es posible proponer tres tipos de rellenos sanitarios:

- ❖ El relleno sanitario mecanizado,
- ❖ El semi-mecanizado,
- ❖ El relleno sanitario manual.

Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias, es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento.



Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, entre otros.



Relleno sanitario semi-mecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que se podría llamar semi-mecanizado. Para este tipo de rellenos sanitarios, es necesario el empleo de equipos de movimiento de tierras (tractores de orugas o retroexcavadoras) en forma permanente cuando al relleno sanitario se llevan más de 40 t/día de residuos sólidos. En la Región, esto equivale por lo general a poblaciones mayores de 40.000 habitantes. Por su versatilidad, el tractor agrícola puede servir para prestar o apoyar el servicio de recolección de basura si de preferencia se le engancha un remolque con volteo hidráulico de unos 6 a 8 metros cúbicos de capacidad o bien una caja compactadora, dependiendo de las necesidades y recursos de la localidad.



Figura 3.3
Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario

Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen —menos de 15 t/día—, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

Ventajas de un Relleno Sanitario

- El relleno sanitario como método de disposición final de residuos sólidos urbanos, es la alternativa más conveniente en países como la Argentina, por contar con



terrenos aptos (fiscales en general) para esta actividad. Sin embargo es esencial asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño construcción, operación y mantenimiento.

- La inversión inicial es inferior a la necesaria para cualquier otro tipo de tratamiento de residuos sólidos, conocidos hasta el momento. De todas maneras, debemos tener en cuenta que es fundamental acompañar este método con la implementación de una separación, clasificación y reciclaje de los residuos, a efectos de que al relleno sanitario lleguen sólo aquellos desechos que no pueden ser reutilizados o revalorizados económicamente en otro proceso.
- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad.
- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación.
- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes, ni fijas, además de ser apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.
- Bajos costos de operación y mantenimiento.
- Recuperación y utilización de biogás para fines diversos.
- Recuperación de terrenos improductivos o marginales.
- Nivelación de terrenos bajos e inundables

Desventajas de un Relleno Sanitario

- La disponibilidad de adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario debido fundamentalmente a la oposición que se suscita por parte del público, ocasionada por factores como: La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario y la protección a la salud que esto significa.
- Se lo suele asociar con un “basurero a cielo abierto” lo cual ha generado desconfianza en la administración oficial.
- El rápido proceso de urbanización que encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.
- La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En las pequeñas poblaciones, la supervisión de rutina diaria debe estar en manos del encargado del servicio de aseo, debiendo éste contar a su vez con la asesoría de un profesional responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, quien inspecciona el avance de la obra cada cierto tiempo, a fin de evitar fallas futuras.



- Existe un alto riesgo de transformarlo en basural a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se podrían mostrar renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.
- Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.

Conceptos

Celda: Volumen de material depositado en un relleno durante un período de operación, generalmente un día. Incluye los residuos depositados y el material de cubrición.

Cubrición diaria: Es el suelo natural o materiales alternativos, como compost, que se aplican a los frentes de trabajo del relleno al final de cada período de operación. Controla el vuelo de materiales residuales, previene la entrada o salida de vectores sanitarios y controla durante la operación la entrada de agua al relleno.

Cubrición final: Es aquella que se aplica a toda la extensión del relleno después de finalizar con la totalidad de las operaciones de vertido. Normalmente consiste en múltiples capas de tierra y/o materiales como geo-membranas diseñadas para facilitar el drenaje superficial, interceptar aguas filtrantes y soportar la vegetación superficial. Forma parte del nivel final.

Nivel: Es una capa completa de celdas sobre una zona activa del relleno. Generalmente el relleno está compuesto por una serie de niveles.

Lixiviado. Líquido que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. En la mayoría de los rellenos sanitarios el lixiviado está formado por el líquido que entra desde fuentes externas (drenaje superficial, lluvia, aguas subterráneas), y en su caso el líquido producido por la descomposición de los residuos.

Gas. Mezcla de gases que se encuentran dentro del relleno. La mayor parte del gas está formado por metano y dióxido de carbono, productos principales de la descomposición anaeróbica de la fracción orgánica biodegradable de los residuos sólidos. Otros componentes son nitrógeno y oxígeno atmosféricos, amoníaco y compuestos orgánicos en cantidades traza.

Recubrimientos. Son materiales, naturales y fabricados, que se utilizan para recubrir el fondo y las superficies laterales del relleno. Suelen estar formados por capas de arcilla compactadas y/o geo-membranas diseñadas para prevenir la migración del lixiviado y los gases del relleno.

Instalaciones para control. Incluyen recubrimientos, sistemas para la recolección y extracción del lixiviado y de los gases, capas diarias y finales de cubrición.

Supervisión ambiental. Actividades asociadas con la toma y análisis de muestras de agua y de aire, que se utilizan para supervisar el movimiento de los gases y del lixiviado en la zona de vertido.

Clausura o cierre. Incluye los pasos que se deben seguir para cerrar y asegurar la zona del relleno una vez completa la operación del mismo.

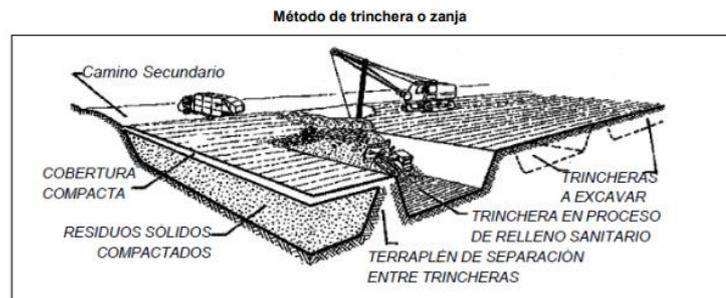
Mantenimiento post-clausura: Actividades asociadas a la supervisión y mantenimiento a largo plazo del relleno terminado, normalmente entre 30 y 50 años.

Tipos de Rellenos Sanitarios

Existen métodos básicos de construcción de un relleno sanitario, como ser el método de área y método de zanja o una combinación de ellos, los cuales dependerán de las condiciones topográficas del sitio, las características del suelo y la profundidad del nivel freático.

Método de trinchera o zanja

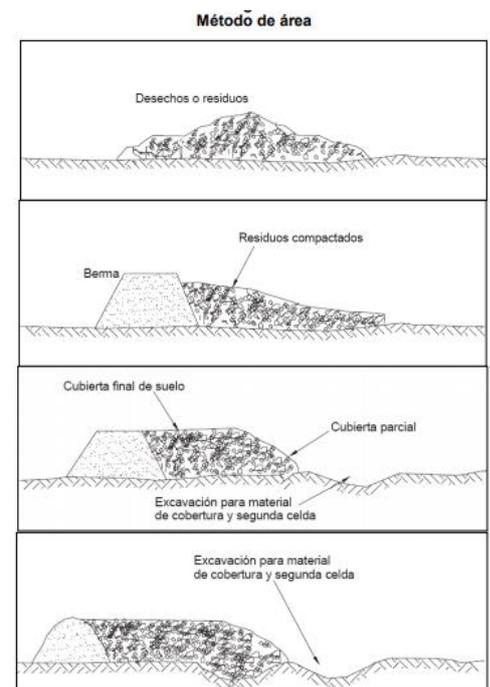
Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Los residuos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.



La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie 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

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de





ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Localización de un Relleno Sanitario

Todas las fases de implementación de la técnica de relleno sanitario, desde la selección del *emplazamiento*, *los estudios previos*, *la preparación del terreno*, *las obras de infraestructura*, *la ejecución propiamente dicha*, *el control ambiental*, *el uso posterior previsto para las áreas rellenadas* y *su integración al paisaje circundante*, deben ser estudiadas y planificadas adecuadamente. **Los rellenos sanitarios tienen como finalidad darle un destino cierto y seguro a los residuos sólidos que se generan en los núcleos urbanos.**

- ❖ **Las Características del Terreno:** la geología y características específicas del suelo del terreno, son algunos de los factores más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar el sitio. Gracias a estos se puede obtener información acerca de posibles desplazamientos de las infiltraciones de agua y de una eventual contaminación de las **aguas superficiales y subterráneas**. Al mismo tiempo, el estudio del suelo permite evaluar la estabilidad del terreno y la localización, así como la calidad del banco de material de cobertura.
- ❖ **Condiciones Climatológicas.** La precipitación pluvial, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los principales datos climatológicos que se deben recopilar para establecer las especificaciones de diseño de la infraestructura del relleno sanitario y tener un mejor conocimiento de las condiciones a las que estará sometida la obra en general. La dirección del viento y sobre todo, los registros de precipitación pluvial de la zona son muy importantes para el diseño de los diferentes sistemas de drenaje de agua y lixiviado.
- ❖ **Aspectos Demográficos.** *Población.* Es necesario conocer el número de habitantes a servir para definir las cantidades de desechos sólidos de que se ha de disponer. *Proyección de la población.* Es además de suma importancia estimar la producción en el futuro, para definir las cantidades de desechos sólidos de que se deben disponer durante el período de diseño, lo cual conlleva a realizar una proyección de la población, al igual que en cualquier obra de servicio público.
- ❖ **Aspectos Generales de los Desechos Sólidos.** Entre los parámetros más importantes que debemos conocer para el manejo adecuado de los desechos sólidos que se producen en una población, se encuentran la composición y la cantidad.



Diseño y Construcción

El primer paso en el proceso implica la preparación de la zona para la construcción del relleno. Se debe modificar el drenaje existente para canalizar la escorrentía fuera de la zona elegida. Otras acciones de preparación incluyen la construcción de caminos de acceso y de instalaciones de pesaje.

El siguiente paso es la excavación y preparación del fondo del relleno y de las superficies laterales. Para minimizar costos es recomendable conseguir en el mismo lugar los materiales de cubrición de la zona del relleno.



El fondo y taludes deben ser impermeabilizados a

fin de evitar la migración de líquidos y gases hacia el exterior del módulo, previniendo de esta manera la contaminación de suelos y aguas superficiales y subterráneas. Para ello se debe contar con una capa de suelo de baja permeabilidad (barrera geológica). Si en el sitio elegido no existe ese tipo de suelo, será necesario crear la barrera artificialmente.

Sobre la barrera geológica se debe colocar una membrana flexible impermeable para completar el cierre hidráulico. La zona aireada (entre la superficie del suelo y las aguas subterráneas) y el equipamiento para monitorear las aguas subterráneas, se instala antes de colocar el recubrimiento del relleno.

El fondo del mismo se prepara para proporcionar drenaje para el lixiviado y se instala un recubrimiento de baja permeabilidad. Las instalaciones para la colección y extracción del lixiviado se ubican dentro o encima del recubrimiento, el cual normalmente se extiende por las paredes excavadas en los laterales del relleno. Considerando que los líquidos lixiviados que se generan en el relleno sanitario se deben extraer y transportar a plantas de tratamiento donde es depurado para alcanzar los parámetros para permitir su vuelco, el diseño y construcción del drenaje en el interior del módulo, debe ser tal que se logre una separación efectiva de las aguas de lluvia de los líquidos lixiviados y minimizar al máximo el volumen a tratar.

En los sitios previstos para la acumulación del líquido lixiviado, se colocan caños para el control y extracción del mismo. En la parte superior del módulo ya terminado, se colocan tubos verticales para monitoreo de los gases del relleno.

También se instala el sistema de captación de gases para su tratamiento, que consiste en una serie de cañerías verticales y horizontales con perforaciones. El gas captado se

conduce por medio de cañerías colectoras de mayor diámetro hasta la planta donde se procede a su quemado pudiendo ser aprovechada la energía así obtenida, para distintos usos.

Operación:

Colecta y transporte de residuos

En una primera instancia se realiza el trayecto desde la colección domiciliaria de los residuos hasta la Planta de transferencia. En estas suele efectuarse una primera separación o selección para luego introducir los residuos en camiones contenedores. Estos camiones pueden poseer un sistema de émbolo que le permite producir una primera compactación y que facilita el vuelco o la descarga en las celdas del relleno.



Otro tipo vehículo o camión que se utiliza y que no posee este elemento, es del tipo semi-remolque, que en el relleno es tomado por un equipo o máquina que lo eleva e inclina para que, por gravedad, vierta la carga de residuos en la superficie dispuesta para que luego se la distribuya y compacte en la celda.

Pesada de los RSU, Disposición y compactado

El proceso inicial de la operación de un relleno sanitario es la inspección, recepción y pesada de los residuos que llegan al mismo. La inspección servirá para evitar que se dispongan residuos no permitidos (líquidos, residuos peligrosos, tóxicos, etc.).

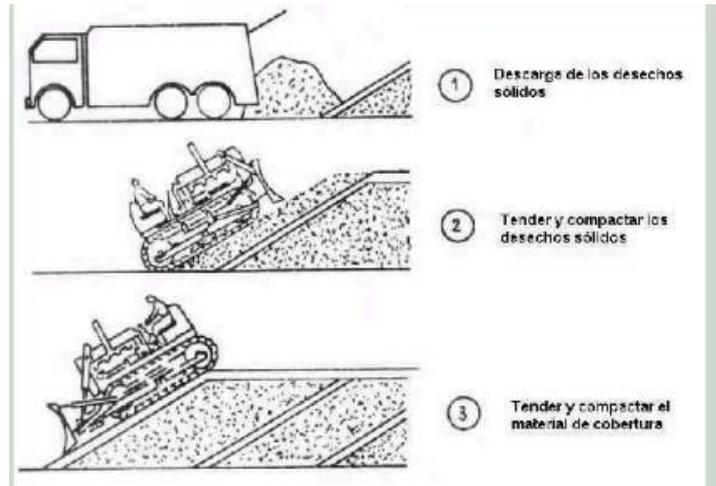
El residuo que se recibe diariamente en este tipo de relleno es distribuido a lo largo y ancho de celdas construidas, disponiendo los residuos por capas. Estas son compactadas hasta lograr la densidad deseada en el relleno. La altura de la celda (área adaptada y confinada para recibir los residuos) es otro factor importante a tener en cuenta. Se realiza la cobertura diaria.



Podemos observar, en forma esquemática, las etapas de descarga, compactación y cobertura de los desechos.

Recubrimiento final:

Cuando se alcanzan las cotas finales del proyecto en cada celda, se procede a la cobertura final de los mismos con una capa de suelo del lugar de 20 cm de espesor mínimo, a continuación una capa de suelo arcilloso compactado, de 40 cm de espesor como mínimo, a efectos de: minimizar el ingreso de agua de lluvia que generaría lixiviado, evitar la emanación de olores, proliferación de vectores como insectos y roedores y posibilitar que comience la etapa de descomposición anaeróbica de los residuos. Sobre esta superficie se coloca una capa de suelo vegetal, con un espesor igual o mayor a 20 cm, extraído y acopiado previamente durante el proceso de preparación.



Importancia de la cobertura

Finalmente, haremos algunos comentarios respecto del material de cobertura. Una de las diferencias fundamentales entre **un relleno sanitario y un basurero a cielo abierto** es la utilización de material de cobertura para separar adecuadamente las basuras además de la compactación y del ambiente exterior y confinarlas al final de cada jornada diaria. El cubrimiento diario de los residuos sólidos es de vital importancia para el éxito del relleno sanitario, debido a que cumple las siguientes funciones:

- Prevenir la presencia y proliferación de moscas.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.
- Minimizar los malos olores.
- Disminuir la entrada del agua de lluvia al relleno.
- Orientar los gases hacia los drenajes.
- Dar una apariencia aceptable del relleno sanitario mediante forestación.
- Servir como base para las vías de acceso internas.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

Generación de líquidos y gases

Los RSU depositados en un relleno sanitario presentan una serie de cambios físicos, químicos y biológicos de manera simultánea e interrelacionada que se presentan cuando los residuos son confinados.



Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

Líquido lixiviado o percolado. La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado. Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos, de ahí que sea importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación en las corrientes y nacimientos de agua y pozos vecinos.

Gases. Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los residuos, no solo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia.

La aerobia es aquella fase en la cual el oxígeno que está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados es consumido rápidamente.

La anaerobia, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario porque no pasa el aire y no existe circulación de oxígeno, de ahí que se produzcan cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen.

Los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir. Cuando el gas metano se acumula en el interior del relleno y migra a las áreas vecinas, puede generar riesgos de explosión. Por lo tanto, se recomienda una adecuada ventilación de este gas.

Se emplean los sistemas de control de gases para reducir las emisiones atmosféricas, para minimizar la salida de emisiones con olores indeseables, para minimizar la migración sub-superficial del gas, y para permitir la recuperación de energía a partir del metano, o bien se puede quemar, bajo condiciones controladas, para disminuir la emisión de constituyentes dañinos a la atmósfera.

Normalmente los gases que se han recuperado de un relleno en actividad se queman y/o se utilizan para la generación de energía eléctrica.



Incineración de los gases. Es un método de destrucción térmica, o sea, se queman el metano y cualquier otro oligogás en presencia de oxígeno, produciéndose dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxido de nitrógeno y otros gases relacionados.

Dicho proceso se debe llevar a cabo en instalaciones de combustión específicamente diseñadas, que deben cumplir rigurosas especificaciones de operación que aseguren la destrucción total de los compuestos orgánicos volátiles y de otros compuestos similares que puedan estar presentes en el gas del relleno.

Generación de energía eléctrica. Algunos de los objetivos principales de instalar un sistema de captación y tratamiento de biogás generado en un relleno sanitario pueden ser el de la desgasificación del relleno para reducir impactos en el área circundante, como ser generación de olores y riesgos de explosión y la eliminación de metano (CH₄) para reducir el efecto invernadero

A través de una instalación de desgasificación se extrae el gas del relleno y se lo transporta a la planta de tratamiento.

Hay que tener en cuenta que para una producción óptima de biogás la antigüedad del relleno debe estar entre los 3 y 15 años, un tonelaje mayor a mil millones de toneladas, una altura de 12 a 30 metros, una superficie entre 16 y 54 m² y precipitaciones entre 500 y 1000 mm/año.

Los beneficios de instalar una planta para la captación y tratamiento de biogás son los siguientes:

- Fuente de energía local.
- Fuente de energía renovable.
- Suministro constante.
- Recurso que se pierde de no aprovecharlo.
- Reduce la producción de gases de efecto invernadero.
- Producción de energía limpia.
- Ahorro por no consumir energía eléctrica proveniente de la red.

Cada MWh de generación o utilización media de 615 m³/h de biogás en un año es equivalente a:

- ✚ La siembra de 4.900 hectáreas de árboles o a la eliminación de CO₂ emitido por 9.000 vehículos.
- ✚ La prevención del uso de 99.000 barriles de petróleo o prevención del uso de 200 vagones

Post clausura Una vez cerrados los módulos del relleno sanitario, continúan los trabajos en el mismo, por lo menos durante los próximos 20 años siguientes al cierre.

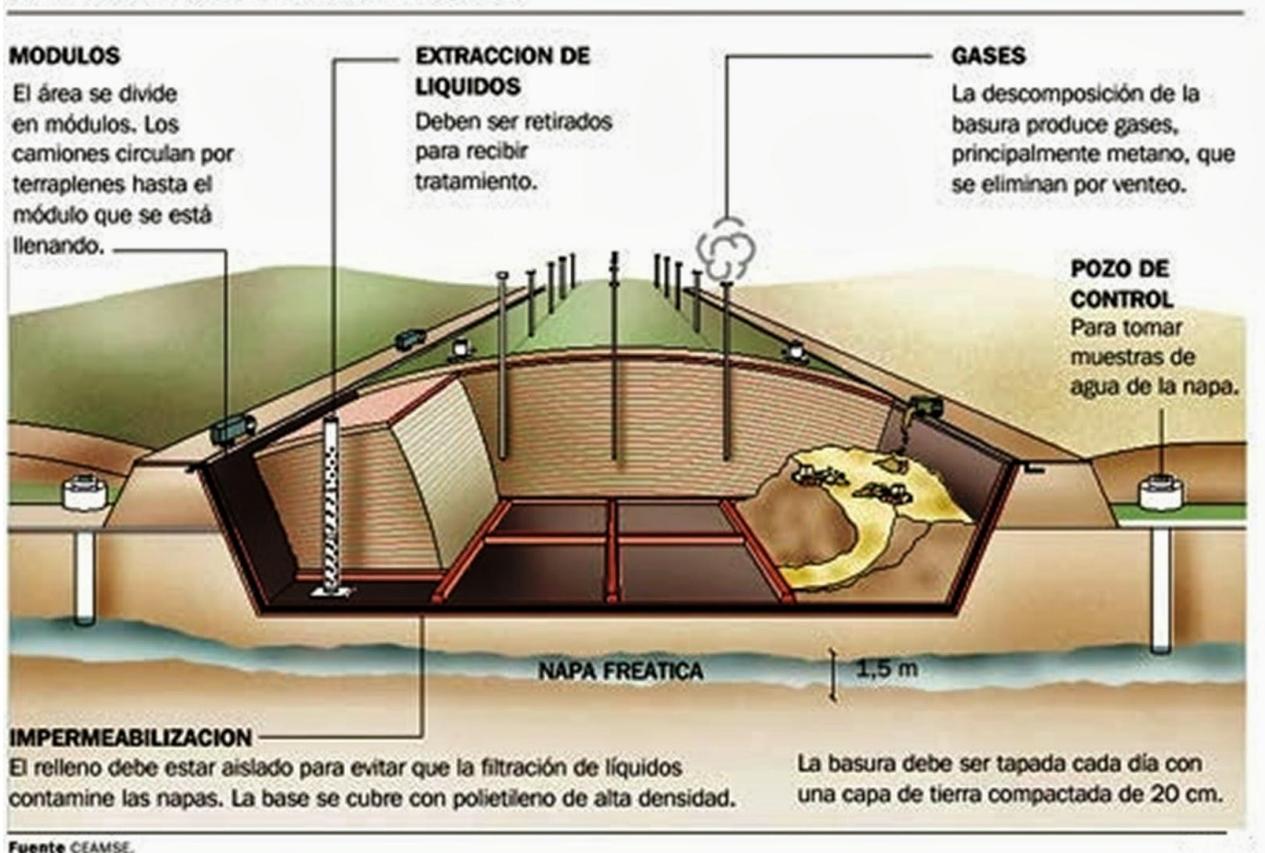
Durante la descomposición de los residuos depositados, disminuyen su volumen, descendiendo el nivel superior del módulo cerrado. Se pueden producir asimismo diferentes magnitudes de asentamientos en distintas áreas del relleno, generándose desniveles o hundimientos en los que se puede acumular agua que luego podría entrar al relleno y sumar volumen al líquido lixiviado.

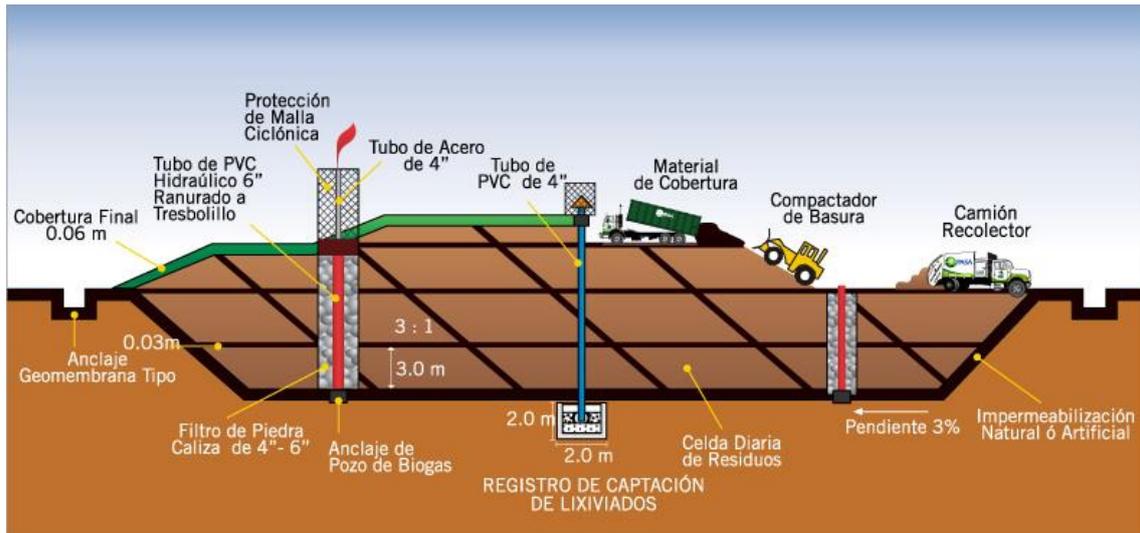
Es de especial importancia que se mantenga y se arregle la superficie del relleno para aumentar el drenaje, que se mantengan y operen los sistemas para el control de lixiviados y del gas, y que se supervise el sistema para la detección de posibles contaminaciones.

Controles Ambientales Antes de la instalación, durante la operación y luego del cierre del relleno sanitario se llevan a cabo las correspondientes tareas de control ambiental para comprobar que no se están produciendo afectaciones al aire, al suelo o a las aguas subterráneas y superficiales. Dichas tareas se efectúan a través de pozos de monitoreo de aguas subterráneas, estaciones de muestreo de aguas superficiales junto con las plantas de tratamiento de líquidos lixiviados y el equipamiento para monitoreo de emisiones gaseosas.

Este esquema es una síntesis de todo lo que hemos visto acerca de los rellenos sanitarios, viendo todo lo que concierne a un módulo o celda en operación.

Cómo es un relleno sanitario





Medidas preventivas contra incendios

Normas de protección contra incendios se deberán tomar los siguientes pasos con regularidad, para reducir la probabilidad de incendios:

- ❖ No se deberá permitir la quema de desechos sólidos;
- ❖ Los derrames de combustibles deberán ser contenidos y limpiados inmediatamente.
- ❖ Se deberán retirar los árboles muertos o vegetación que se encuentre contiguo al relleno sanitario y se deberá recortar la maleza para que los incendios forestales no se esparzan al relleno sanitario.
- ❖ No se permitirá fumar.
- ❖ Se mantendrá una fuente de tierra o arcilla para cubrir la superficie de trabajo de tal manera que esté disponible en todo momento en la misma o se encuentre en el área de disposición activa, para efectos de protección contra incendios.
- ❖ Se deberá minimizar la posibilidad de ocurrencia de incendios mediante el uso de tierra para cubrir y precaución cuando se usen equipos que son capaces de iniciar un fuego, incluyendo el uso de agua para extinguirlo, la cual en algunos casos propaga más el incendio al desplazar el gas verticalmente dentro de la masa de desechos.
- ❖ Los empleados deberán estar capacitados para controlar pequeños incendios. Todos los vehículos (incluyendo equipo pesado) deberán tener extintores de incendios a bordo estar fácilmente accesibles para los operadores de los vehículos. Los extintores de incendios deberán ser inspeccionados con regularidad, estar vigentes y con el mantenimiento correcto para estar listos para uso.



Rellenos Sanitarios

https://www.youtube.com/watch?v=M3Y63dPyLe8&ab_channel=ServiciodeEvaluaci%C3%B3nAmbientalSEA

https://www.youtube.com/watch?v=YX9spLq2cUc&ab_channel=ConsultoresGMECHANNELConsultoresGMECHANNEL

https://www.youtube.com/watch?v=k41HCcXxg1E&ab_channel=MUNICIPALIDADPROVINCIALDESANROM%C3%81NJULIACAMUNICIPALIDADPROVINCIALDESANROM%C3%81NJULIACA.

Incineración para generación de energía eléctrica.

https://www.youtube.com/watch?v=Blt-P6WmYBI&ab_channel=BBCNewsMundo

https://www.youtube.com/watch?v=eYcspt9O4nM&ab_channel=adn40adn40

Generación de energía por biogás

https://www.youtube.com/watch?v=BFIgcnrnkIY&ab_channel=Soy502

ALGUNOS EJEMPLOS EN ARGENTINA.

❖ **Relleno Sanitario de CEAMSE – Bs As Argentina**

https://www.youtube.com/watch?v=a1dLpx01rKs&ab_channel=LosDespertadoresLosDespertadores

❖ https://www.youtube.com/watch?v=bWc-yCnUagc&ab_channel=LosDespertadoresLosDespertadores.

❖ Plantas de generación de Energía del CEAMSE a partir de BIOGAS recuperado de sus rellenos sanitarios.

- Central San Miguel y Central San Martín. Producen 10 MW y 5 MW de potencia continua respectivamente. En el Complejo Ambiental Ensenada funciona una planta que genera 5 MW; y en el Complejo Ambiental González Catán otra de iguales características próximamente entrará en funcionamiento. *Todas las plantas operan las 24 horas, los 365 días del año y tienen capacidad para generar un total de 25 Megawatts de electricidad, el equivalente al consumo aproximado de 150.000 personas.*

❖ **Santa Fe- Argentina** - Biodigestor de la multinacional Adecoagro - Biogás a partir de estiércol y del descarte de alimentación de los animales.

https://www.youtube.com/watch?v=kh4kiO2DMQE&ab_channel=PabloRodriguezPabloRodriguez

San Luis-Argentina

❖ https://www.youtube.com/watch?v=Z4pnJCSbTKc&ab_channel=MinisteriodeProducci%C3%B3nMinisteriodeProducci%C3%B3n.