

SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL

Criterios de localización

Referencia:

PROPUESTA TÉCNICA PARA LA REGLAMENTACIÓN. Gestión integral de residuos sólidos industriales, agroindustriales y de servicios. Versión 16/06/003

En función del **peligro**:

- Categoría I: **Peligro Alto**
- Categoría II: **Peligro Medio**
- Categoría III: **Peligro Bajo**

Referencia:

PROPUESTA TÉCNICA PARA LA REGLAMENTACIÓN. Gestión integral de residuos sólidos industriales, agroindustriales y de servicios. Versión 16/06/003

- **Categoría I - Peligro Alto:** inflamables, corrosivos, reactivos, contener sustancias carcinogénicas, mutagénicas, tóxicas o muy tóxicas, tóxicas para la reproducción, nocivas o irritantes en ciertos %, implicar riesgo biológico (p.ej., agentes patógenos o no convencionales)
 - **Sustancias tóxicas:** As, Ba, Cu, Cd, Cr total y Cr⁺⁶, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ag
 - **Residuos peligrosos van a Rellenos Clase I**

Criterios de Localización:

Criterios de exclusión de carácter general

Aspecto	Criterio de exclusión
Zonas urbanizadas o con proyecto de urbanización	Franja de exclusión de 4 km del límite de los principales centros urbanos, incluyendo el crecimiento proyectado por los próximos 10 años.

Criterios de Localización:

Criterios de exclusión de carácter general

Aspecto	Criterio de exclusión
Zonas de discontinuidades geológicas y/o altamente permeables	Excluir áreas que no posean una barrera geológica natural apta para el emplazamiento Excluir áreas de fallas geológicas Excluir áreas de importante fisuramiento que contengan acuíferos y/o permitan un rápido pasaje de fluidos Excluir áreas donde el material geológico superficial y somero presente importante porosidad y conductividad (areniscas, arenas, gravas, etc.)

Criterios de Localización:

Criterios de exclusión de carácter general

Aspecto	Criterio de exclusión
Reservas ecológicas o áreas de especial protección, declaradas por las autoridades competentes	Excluir zonas de reserva ecológicas y zonas de alta sensibilidad determinadas por su ecosistema.

Criterios de Localización:

Criterios de aptitud para la selección de predios

Aspecto	Criterio de aptitud	Aplicación
Uso del suelo	Densidad de población	Baja densidad de población y escasa tasa de crecimiento poblacional mejoran la aptitud del predio.
	Tasa de crecimiento poblacional	
	Productividad de la tierra	

Criterios de Localización:

Criterios de aptitud para la selección de predios

Aspecto	Criterio de aptitud	Aplicación
Aeródromos	Presencia de aeródromos en el área de influencia. Distancia al aeródromo del predio y del área destinada a operaciones.	La presencia de aeródromos en el área de influencia disminuye la aptitud. En caso de que existan, a mayor distancia al aeródromo, mejora la aptitud.

Criterios de Localización:

Criterios de aptitud para la selección de predios

Aspecto	Criterio de aptitud	Aplicación
Material geológico superficial	Características del material geológico	Mejora la aptitud la existencia de una barrera geológica natural. Permeabilidad recomendada de la barrera geológica natural $K \leq 1,0 \times 10^{-6}$ cm/s. Disminuye sensiblemente la aptitud del predio la existencia de material geológico de gran permeabilidad ya sea primaria o por fisuración.
	Permeabilidad del material	
Vientos	Dirección y velocidad	Disminuye la aptitud del predio si los

Criterios de Localización:

Criterios de aptitud para la selección de predios

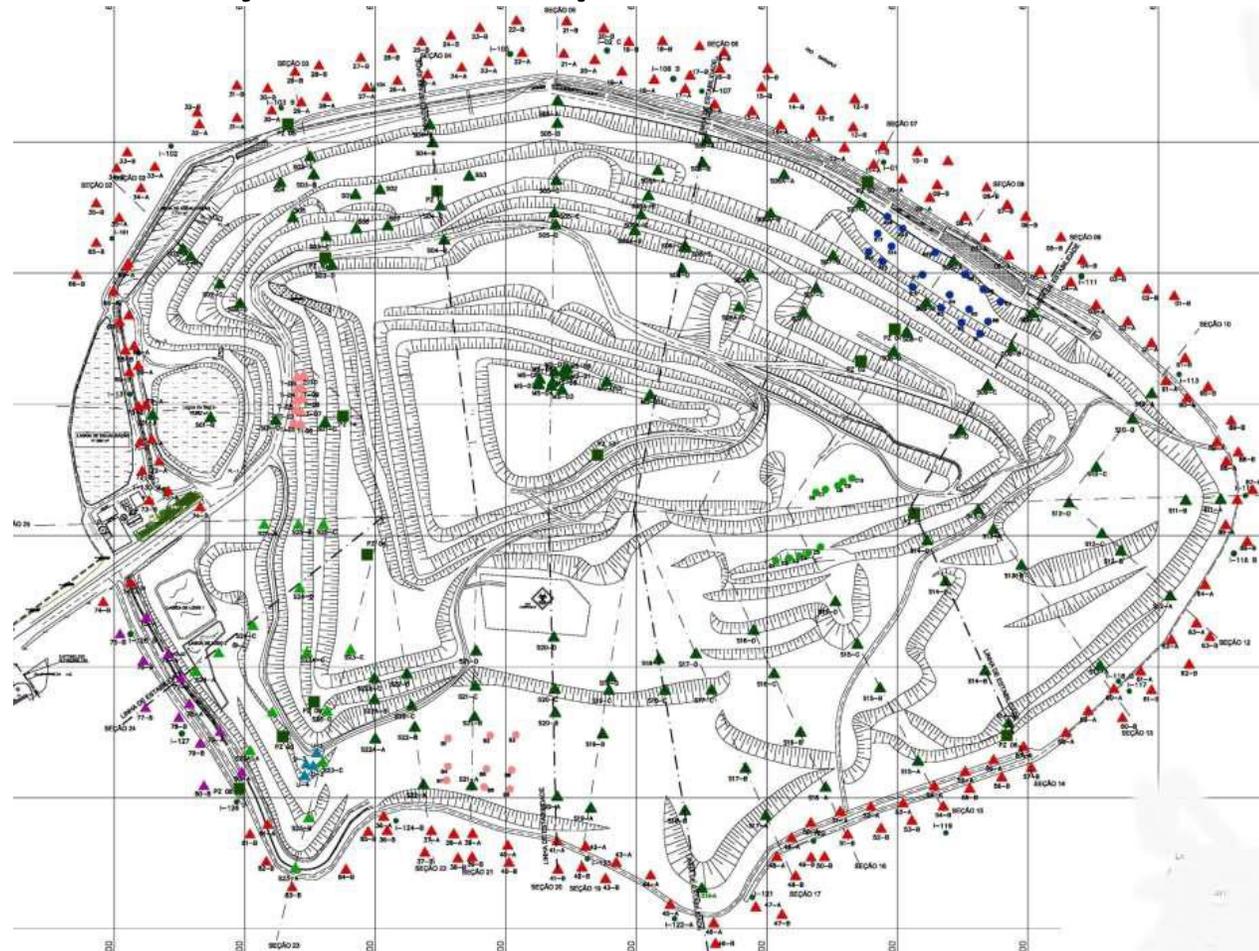
Aspecto	Criterio de aptitud	Aplicación
Accesibilidad	Vías de circulación	Mejor aptitud si el predio cuenta con vías de circulación adecuadas para el tránsito de camiones.

RELLENOS SANITARIOS

**Algunas consideraciones desde la
Ingeniería Civil**

RELLENO SANITARIO

Es una instalación ingenieril para la disposición final de residuos sólidos diseñada y gestionada de modo de minimizar los efectos sobre el ambiente y la salud pública.



RELLENO SANITARIO

- Preparación del terreno para lograr un fondo impermeable.
- **Sistema de drenaje y tratamiento de lixiviados.**
- Cobertura diaria.
- Sistema de Operación.
- **Sistema de recolección y venteo/quema/tratamiento de gases.**
- **Gestión de pluviales.**
- Infraestructura conexa.
- Monitoreo de variables ambientales.
- **Clausura y Post-clausura del relleno sanitario**

RELLENO SANITARIO

■ Impermeabilización de fondo

Conceptualmente es una barrera de protección contra la contaminación de las aguas subterráneas.

En la práctica se puede materializar como una capa de arcilla compactada o con una membrana geosintética.

Actualmente la arcilla compactada solamente se usa en rellenos pequeños. Se deben alcanzar coeficientes de permeabilidad bastante exigentes, entre 10^{-6} y 10^{-7} cm/s en vertical, y un orden menos en horizontal.

RELLENO SANITARIO

■ Impermeabilización de fondo

Un sistema de tratamiento de la base debe presentar:

1. Estanqueidad
2. Durabilidad
3. Resistencia mecánica
4. Resistencia a la intemperie
5. Compatibilidad físico-química-biológica con los residuos a ser dispuestos.

RELLENO SANITARIO

■ Impermeabilización – Método Natural

- Aprovecha las propiedades de suelo
- Preferir suelos con alto contenido de arcillas / tepetate mediante los cuales se llega una impermeabilización que presenta una conductividad hidráulica de 1×10^{-7} cm/seg.
- En caso de irregularidades en el terreno, éste se debe acondicionar para lograr una protección homogénea

RELLENO SANITARIO

■ Impermeabilización – Método Artificial

Empleo de geosintéticos:

- Geotextiles (refuerzo, separación, filtración, drenaje)
- Geomembranas (aislamiento)
- Geomallas (para drenaje)
- Geo-redes (estabilidad de taludes)

RELLENO SANITARIO

- Impermeabilización de fondo

La compactación se realiza con rodillo de pata de cabra.



RELLENO SANITARIO

- Impermeabilización de fondo
Geomembranas



usuales.

PEAD

PVC

hás

RELLENO SANITARIO

- Impermeabilización de fondo
Geomembranas



Relleño Sanitario – Colocación de membrana



Relleno sanitario

Colocación de residuos

- Diseño de celda (colocación en capas de 60 cm y compactación, altura de celda de 2 a 4m. Ancho de celda de 3 a 9 m.

MÉTODOS DE RELLENO - Celda excavada - trinchera

Nivel freático alejado de superficie, y
Buen material de cobertura en suelo

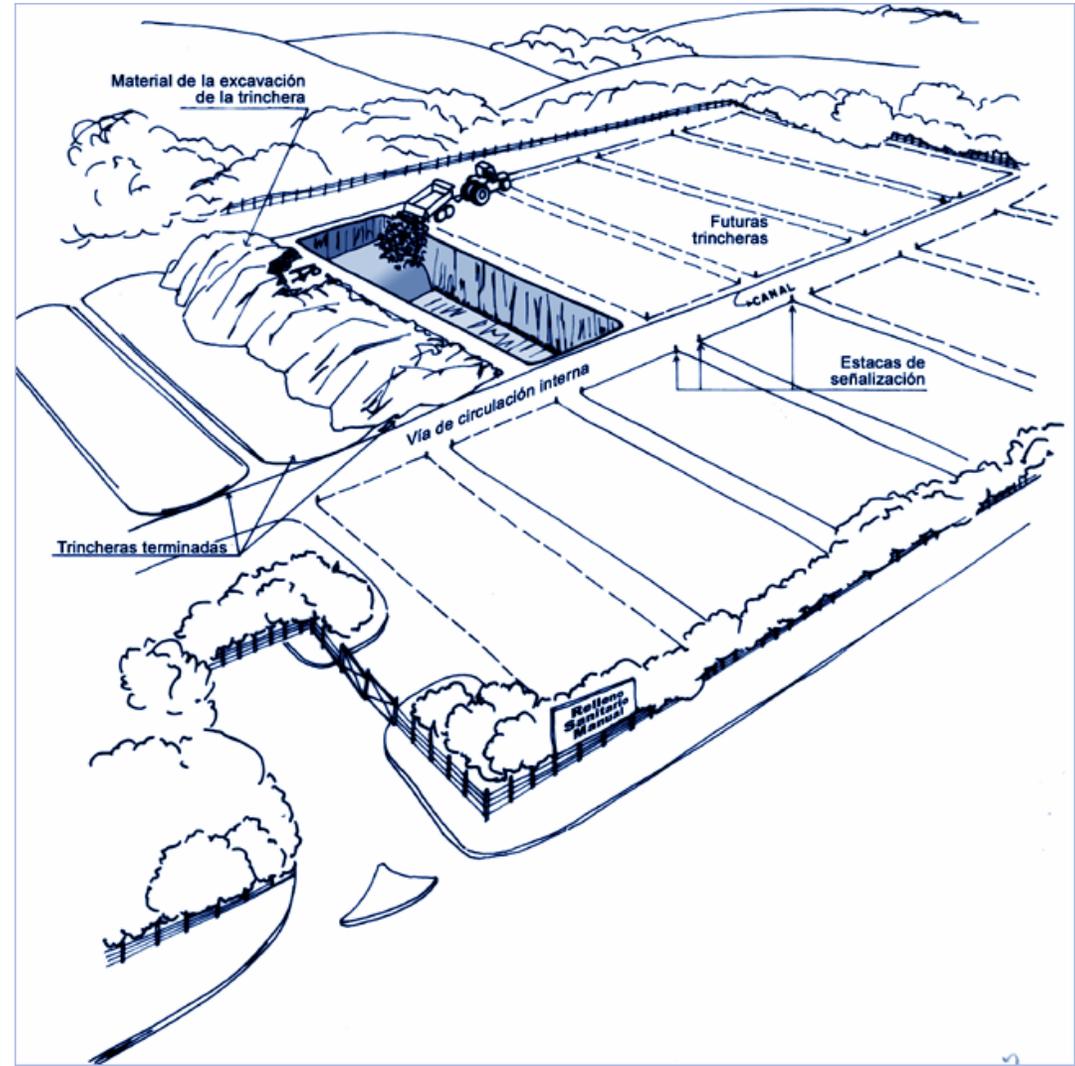
Se excava y se colocan residuos
El material excavado se utiliza
para cobertura diaria.

Pendiente lateral 2:1 a 1.5:1

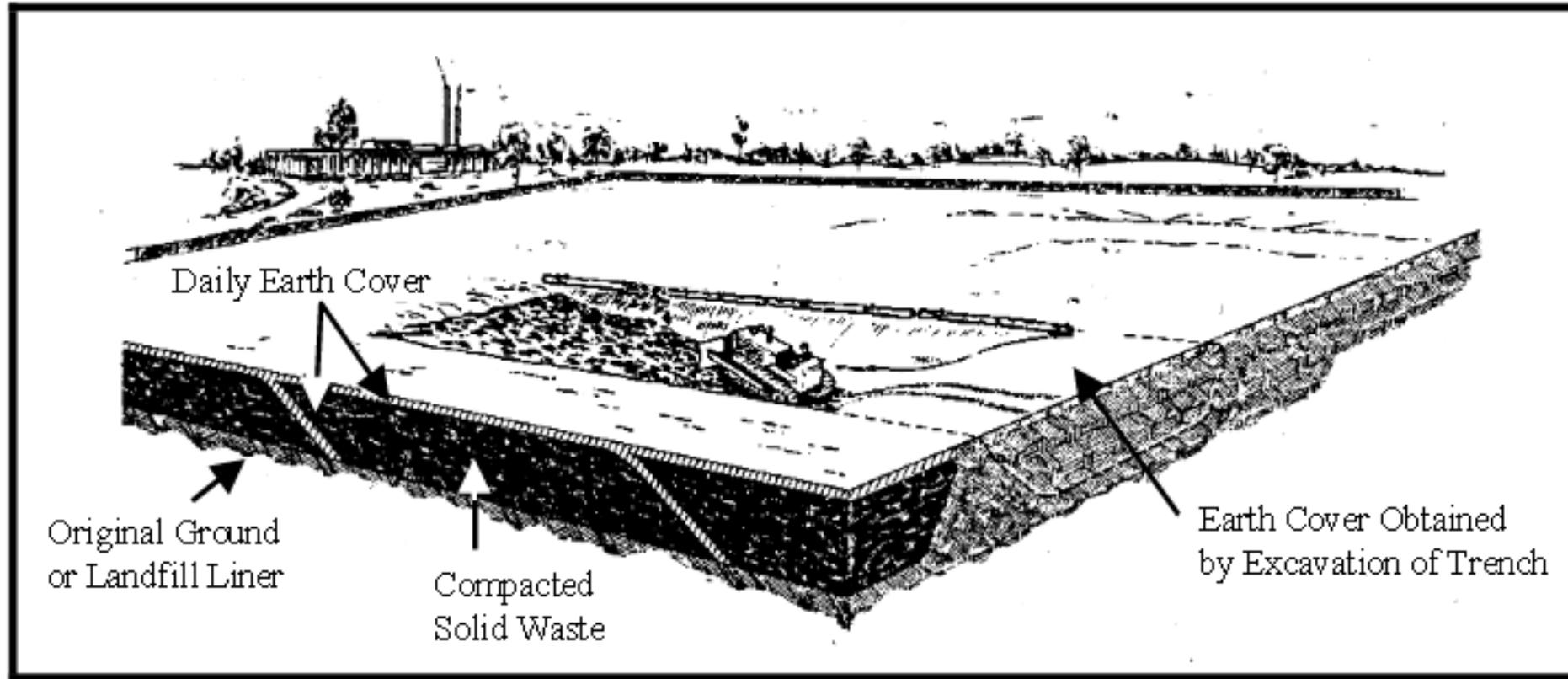
Largo 60 a 300m

Ancho 4.5 a 15m

Profundidad útil 1 a 3m



MÉTODOS DE RELLENO - Celda excavada - trinchera



MÉTODOS DE RELLENO – Métodos en zona - área

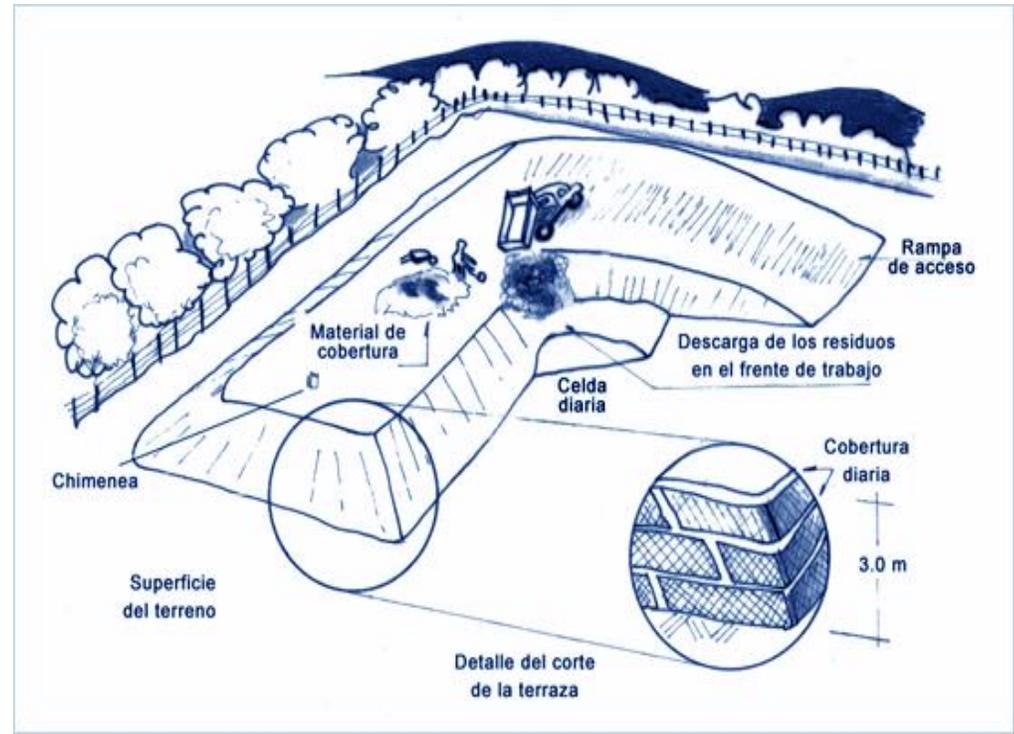
Terreno no apropiado para excavación por su topografía irregular.

Alto nivel freático

Material cobertura no disponible en sitio

Posible colocación de terraplenes

Pendiente lateral 2:1 a 1.5:1

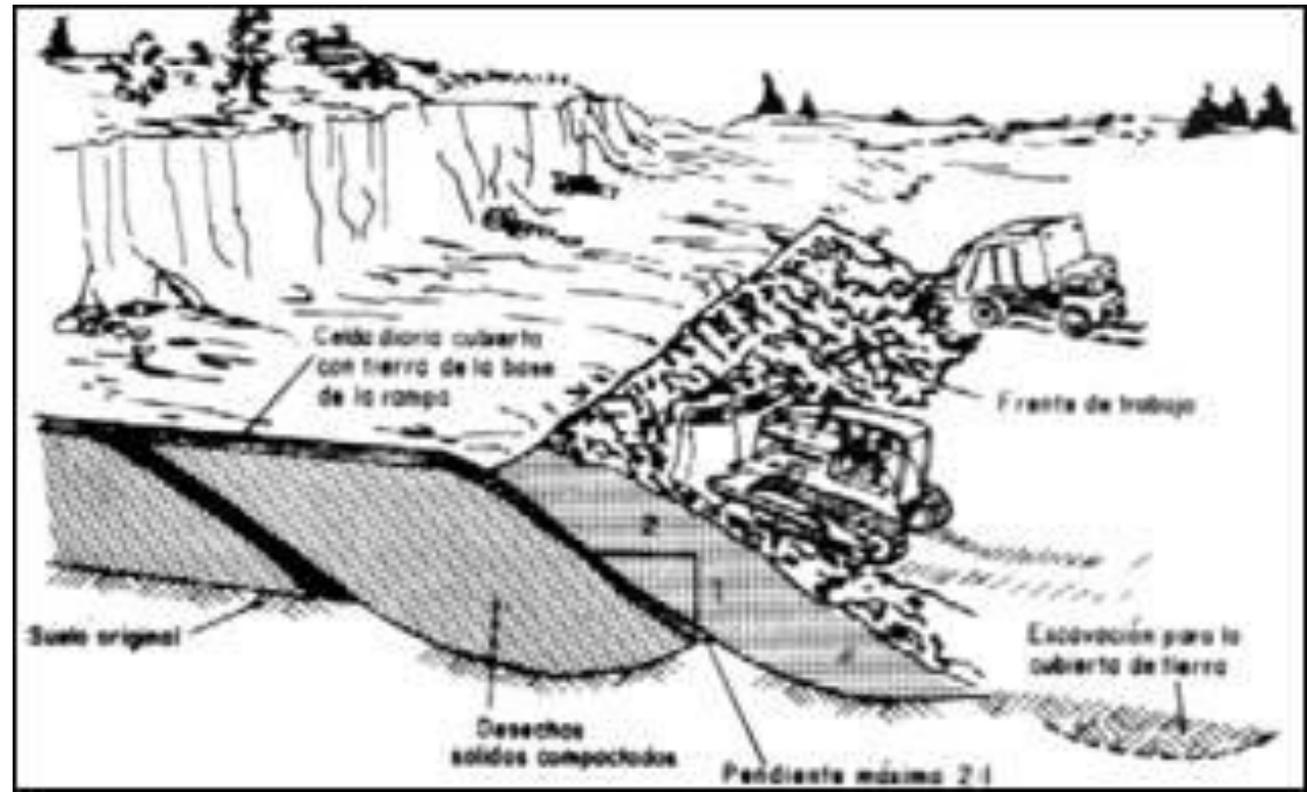


MÉTODOS DE RELLENO – Métodos en depresión / rampa

Suelo natural ofrece buenas condiciones para ser excavados

Inicio de explotación por zona inferior

Material de cobertura surge de las paredes del relleno

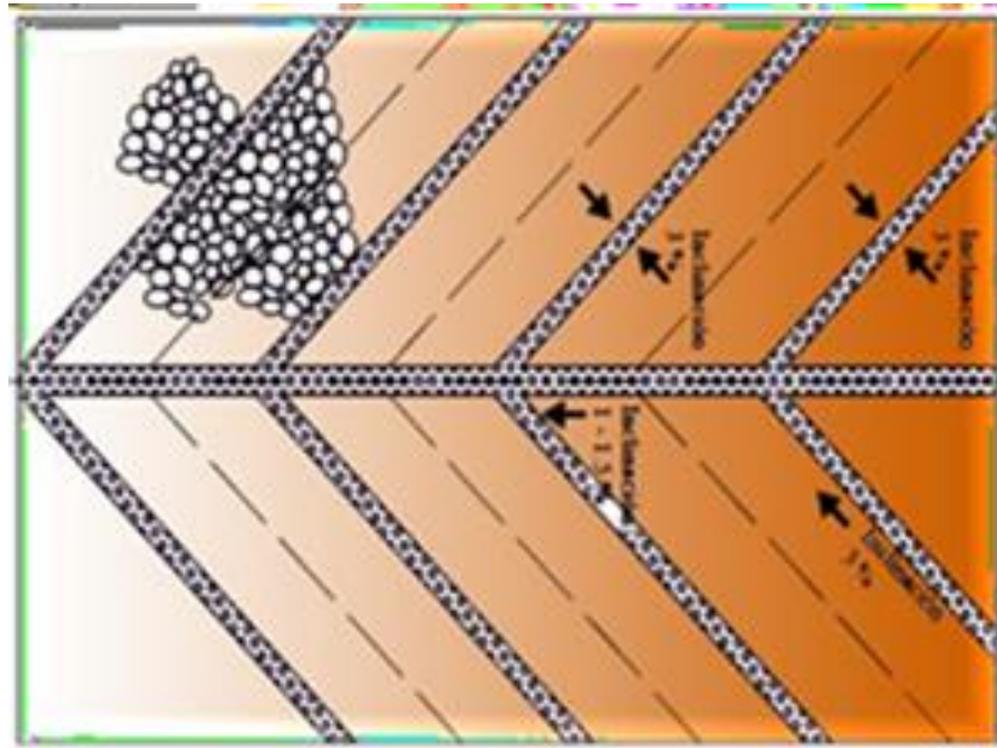


RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados

El sistema de recolección se materializa por un conjunto de tuberías perforadas o ranuradas, dispuestas en espina de pescado. Las mayores suelen ser de 160 a 250 mm y las menores, de no menos de 100 mm.

Se apoyan en un lecho de piedra partida y envuelto en una manta de geotextil.

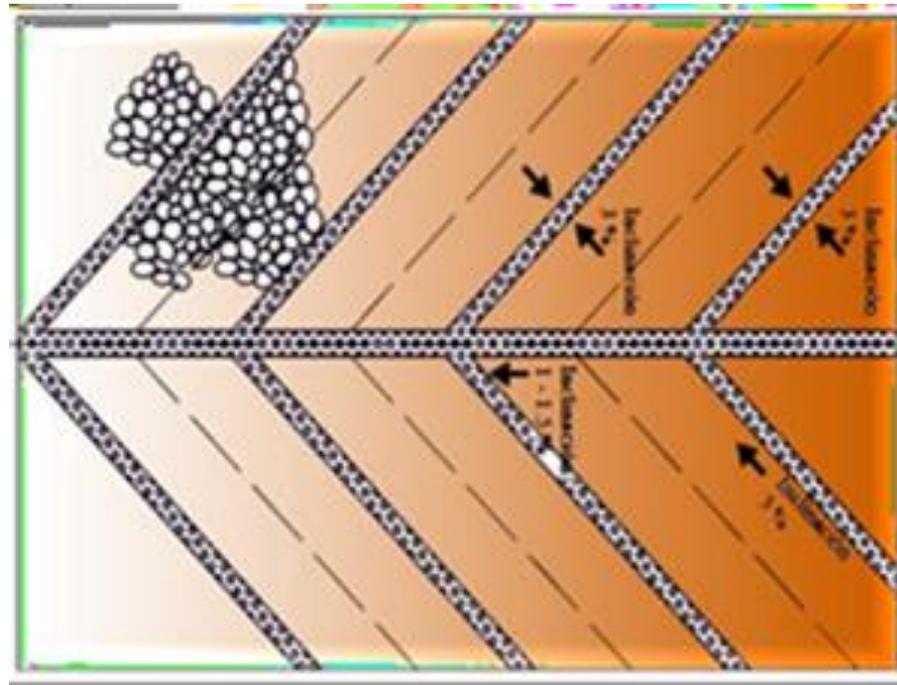


RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados

La preparación del fondo del relleno implica un diseño cuidadoso de las pendientes, de modo que se favorezca la llegada de los lixiviados hacia los drenes.

Son pendientes de por lo menos 1 %, que sectorizan el fondo en zonas de aporte a los diferentes brazos del dren.



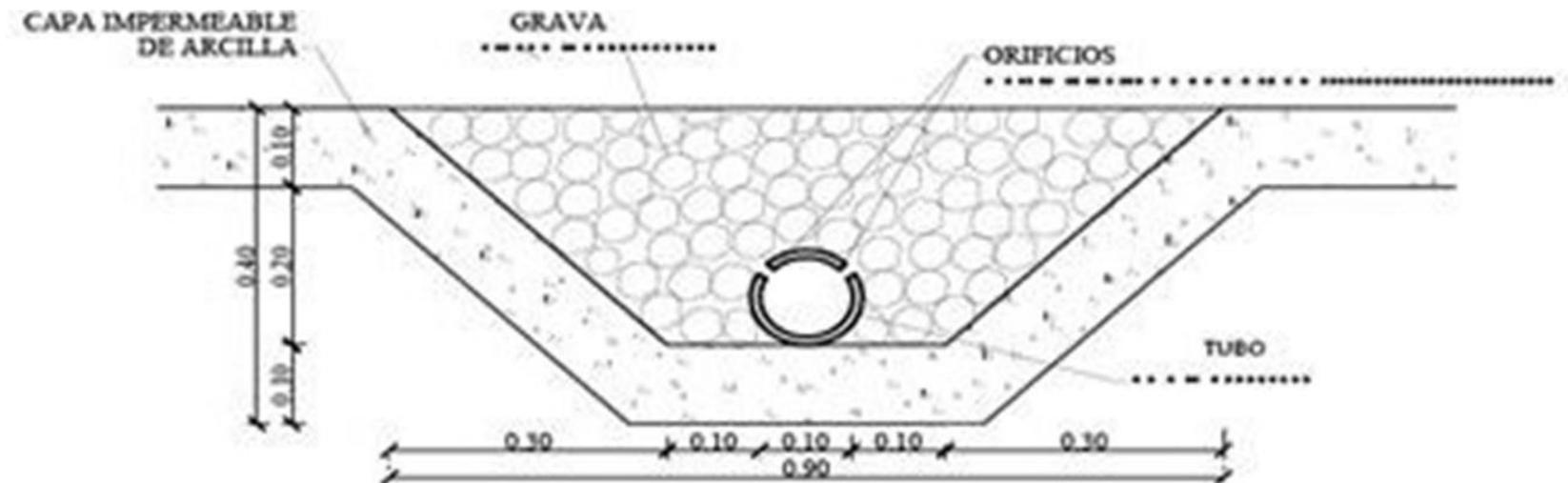
RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados

El sistema de recolección se materializa por un conjunto de tuberías perforadas o ranuradas, dispuestas en espina de pescado. Las mayores suelen ser de 160 a 250 mm y las menores, de no menos de 100 mm.

Se apoyan en un lecho de piedra partida envuelto en una manta de geotextil.

El geotextil puede anclarse en el material próximo o solaparse y “cerrar” el dren.

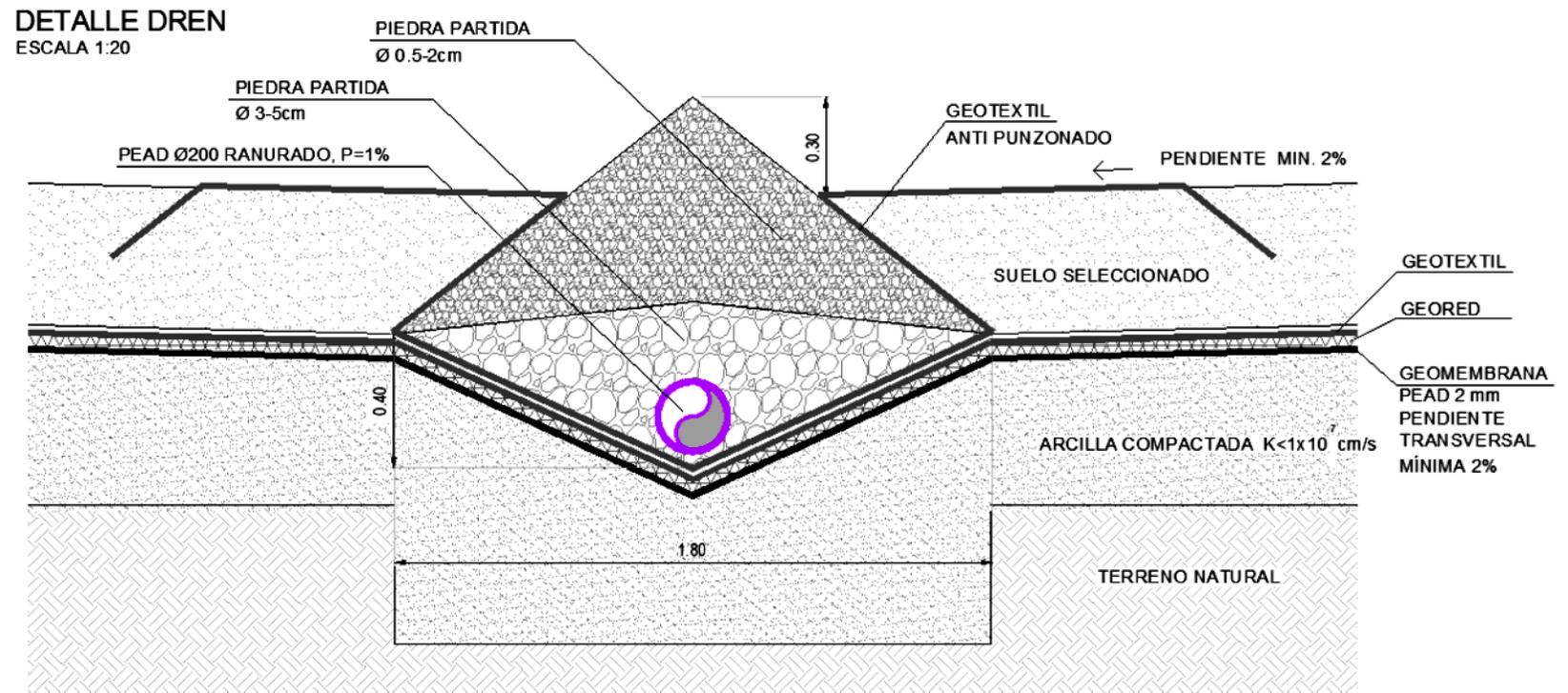


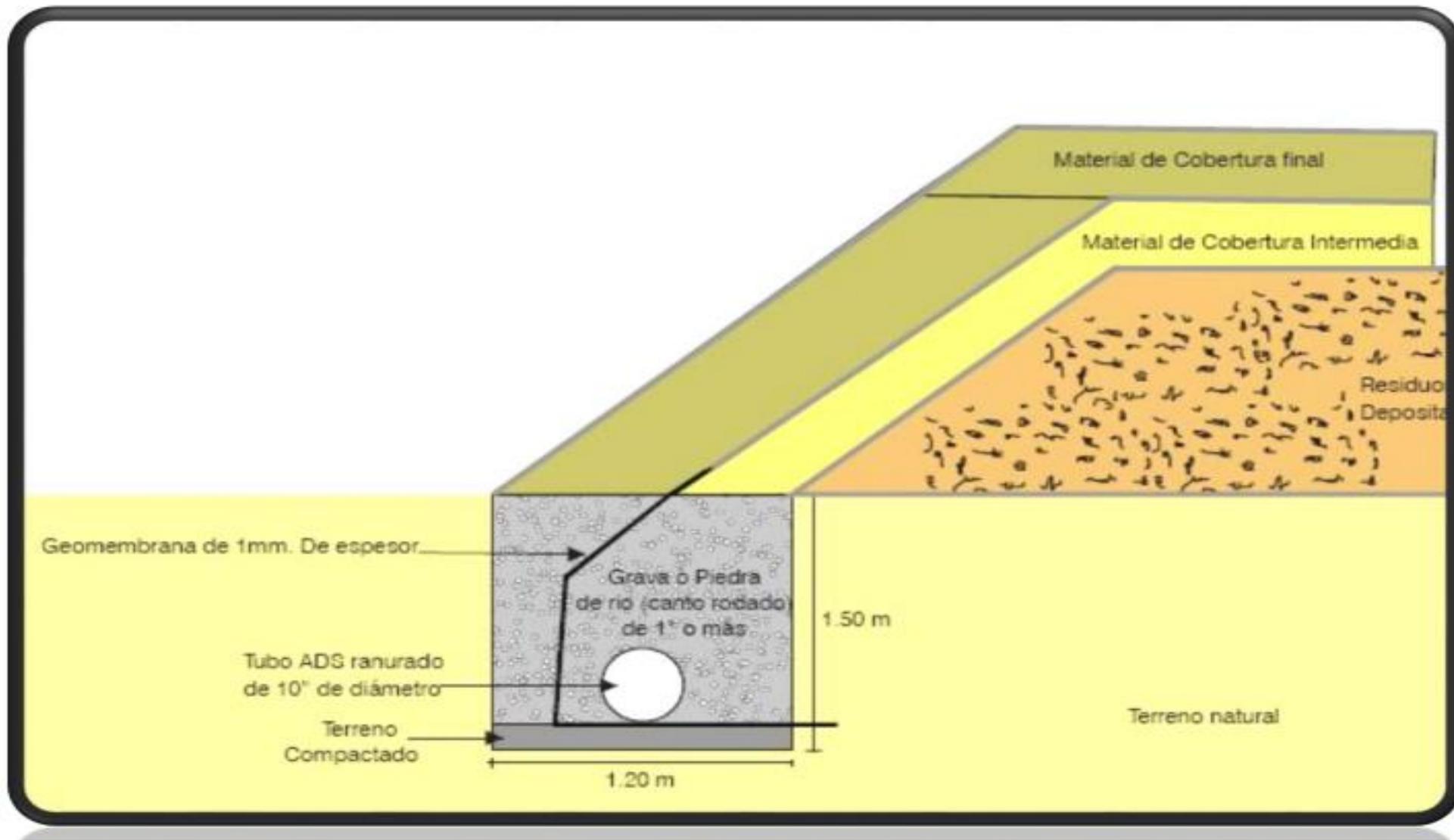
RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados

El sistema de recolección se materializa por un conjunto de tuberías perforadas o ranuradas, dispuestas en espina de pescado. Las mayores suelen ser de 160 a 250 mm y las menores, de no menos de 100 mm.

Se apoyan en un lecho de piedra partida envuelto en una manta de geotextil.





RELLENO SANITARIO

- Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados



RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados

El tratamiento de lixiviados puede hacerse por diferentes tecnologías.

Es usual emplear sistemas de lagunas de oxidación en serie, anaerobias y facultativas.

También puede reinyectarse en el relleno, para incrementar la producción de biogás. Esto reduce a su vez la migración de metales.



RELLENO SANITARIO

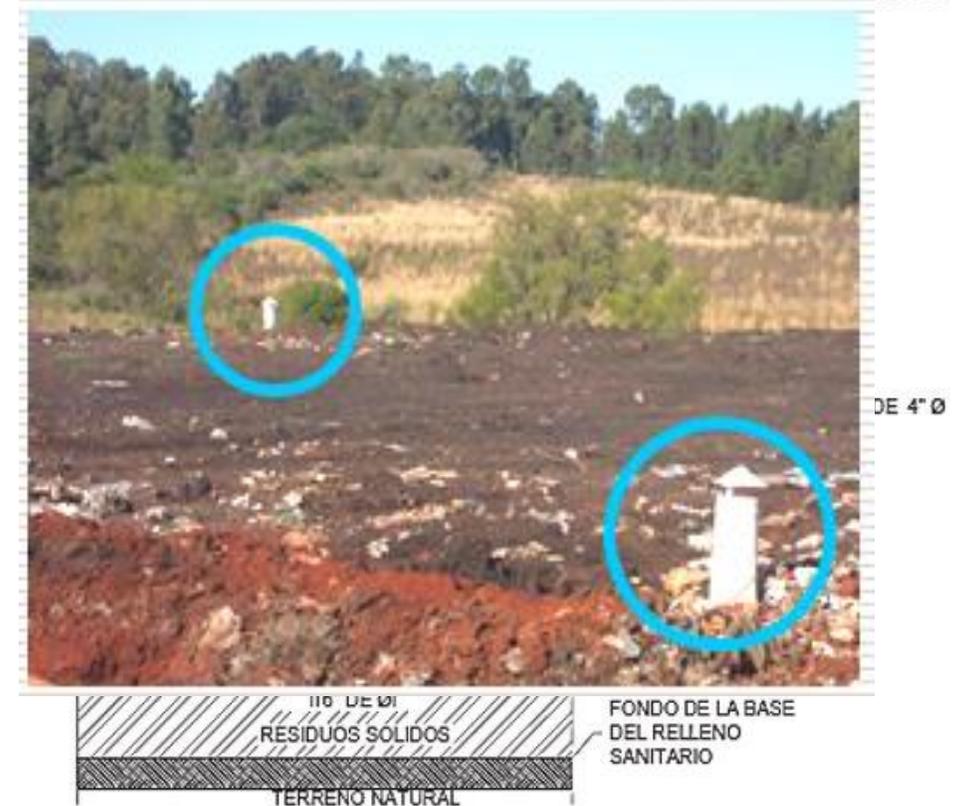
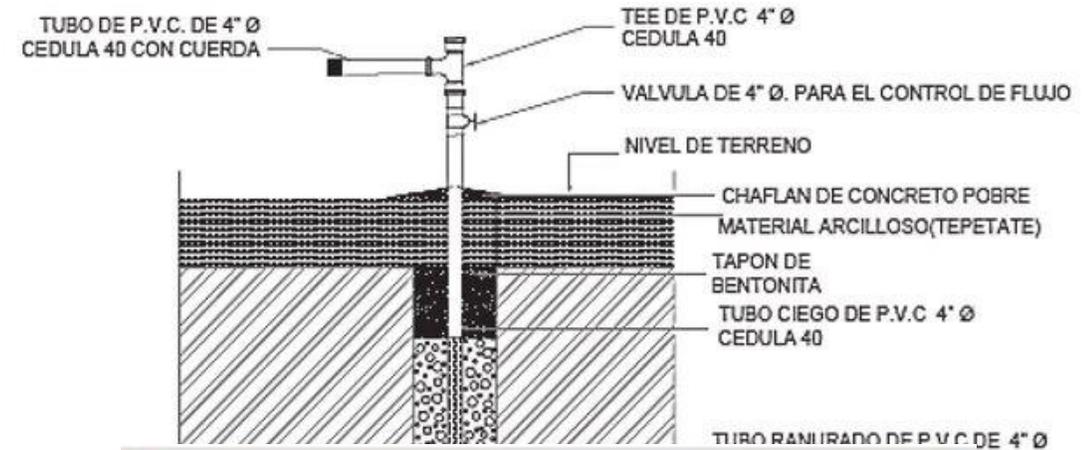
- Sistema de recolección y tratamiento de lixiviados



RELLENO SANITARIO

■ Sistema de recolección y gestión de biogás

Mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano (CH_4) y bióxido de carbono (CO_2).

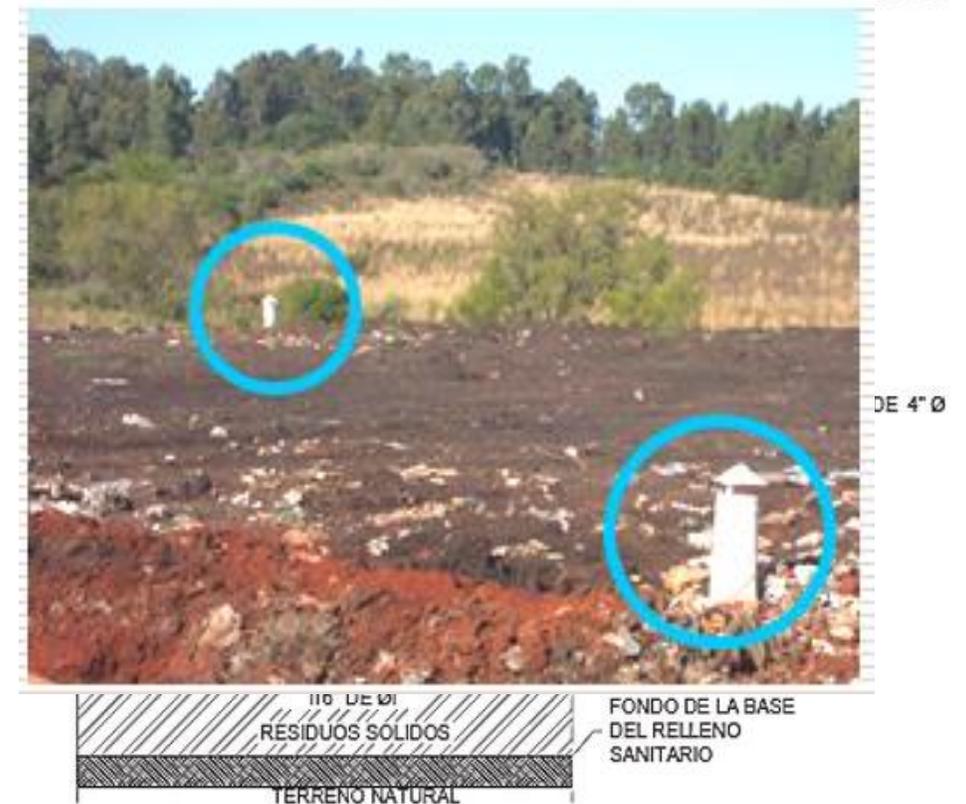
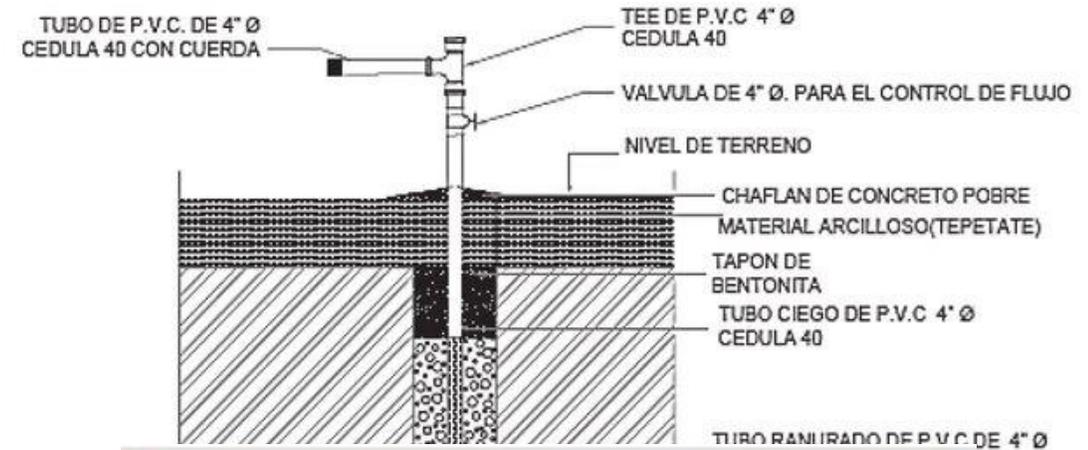


RELLENO SANITARIO

■ Sistema de recolección y gestión de biogás

El biogás que se genera en los procesos de degradación que ocurren en el interior de un relleno sanitario debe ser correctamente gestionado.

El biogás consiste en una mezcla de CH_4 y CO_2 , con cantidades menores de H_2S , COV y otros gases tóxicos.



RELLENO SANITARIO

■ Sistema de recolección y gestión de biogás

Control de biogás: Pozos de venteo

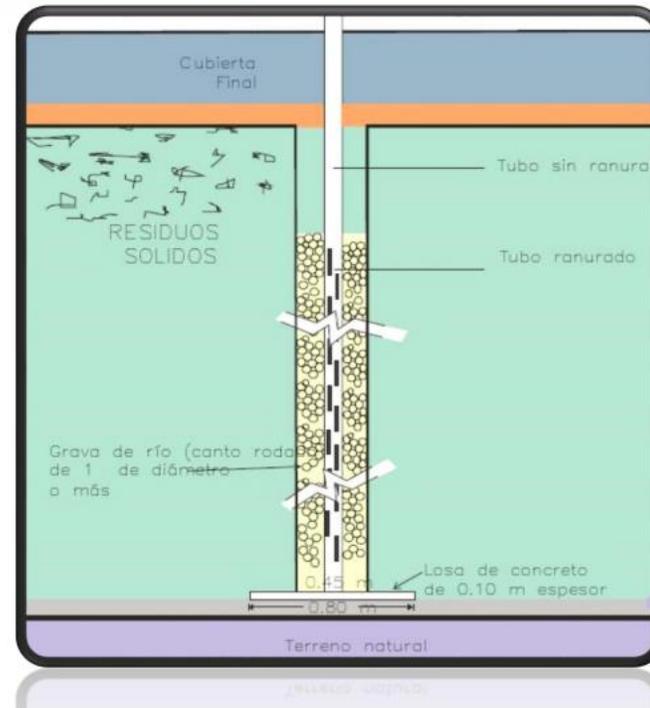
- Son estructuras que facilitan la evacuación del biogás acumulado en las celdas de disposición de residuos.
- Comúnmente se construyen a manera de chimeneas de 60 a 100 cm de diámetro, constituidas por una tubería ranurada de 10 cm de diámetro , cubierta por un filtro a base de piedra bola y malla metálica, desplantados a 40 cm arriba del fondo del relleno.
- En la parte superior se cubren con una placa de concreto, dejando un tubo con cuello de ganso, u otro sistema dependiendo de la cantidad de gas generado y del tratamiento.

RELLENO SANITARIO

■ Sistema de recolección y gestión de biogás

Control de biogás: Pozos de venteo

Control
de biogás:



RELLENO SANITARIO

■ Sistema de recolección y gestión de biogás



Condición original



Excavación de 5 a 7 metros de profundidad



Limpieza de la base



Instalación de nueva tubería de concreto y la cabeza



Interconexión y protección de los drenajes con geotextil



Relleno con suelo compactado - sellado



Posicionamiento de la salida de la cabeza



Aspecto final

RELLENO SANITARIO

- **Sistema de recolección y gestión de biogás**

Como mínimo deben ser captados, extraídos y quemados en forma segura, para evitar la emisión de CH_4 , ya que su potencial de calentamiento global (GWP) es aproximadamente 23 veces superior al del CO_2 .



RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de recolección y gestión de biogás

Otros destinos posibles:

- Como combustible (para calentar agua, por ejemplo)
- Inyectarlo a red de gas (previa desulfuración)
- Generación de energía eléctrica (caso Las Rosas en Maldonado).



RELLENO SANITARIO

■ Sistema de gestión de pluviales

Las aguas pluviales deben ser encauzadas para evitar que lleguen a la masa de residuos.

En general se conduce a través de zanjas o canales perimetrales, o manejando las pendientes de bermas y circulaciones.

Las pluviales no deben ser conducidas a la planta de tratamiento de efluentes.



RELLENO SANITARIO

■ Cobertura diaria de residuos

En un relleno sanitario, los residuos deben ser cubiertos a diario para propiciar que ocurran los procesos de digestión previstos.





RELLENO SANITARIO

■ Cobertura diaria de residuos

La cobertura diaria puede realizarse con material inerte (arcilla o similar), pero también puede emplearse compost o materiales como film de PEBD, que ocupa mucho menos espacio y se puede tender fácilmente en tiempo lluvioso.



RELLENO SANITARIO

■ Cobertura diaria

Cobertura de 15 a 30 cm de suelo u otro material

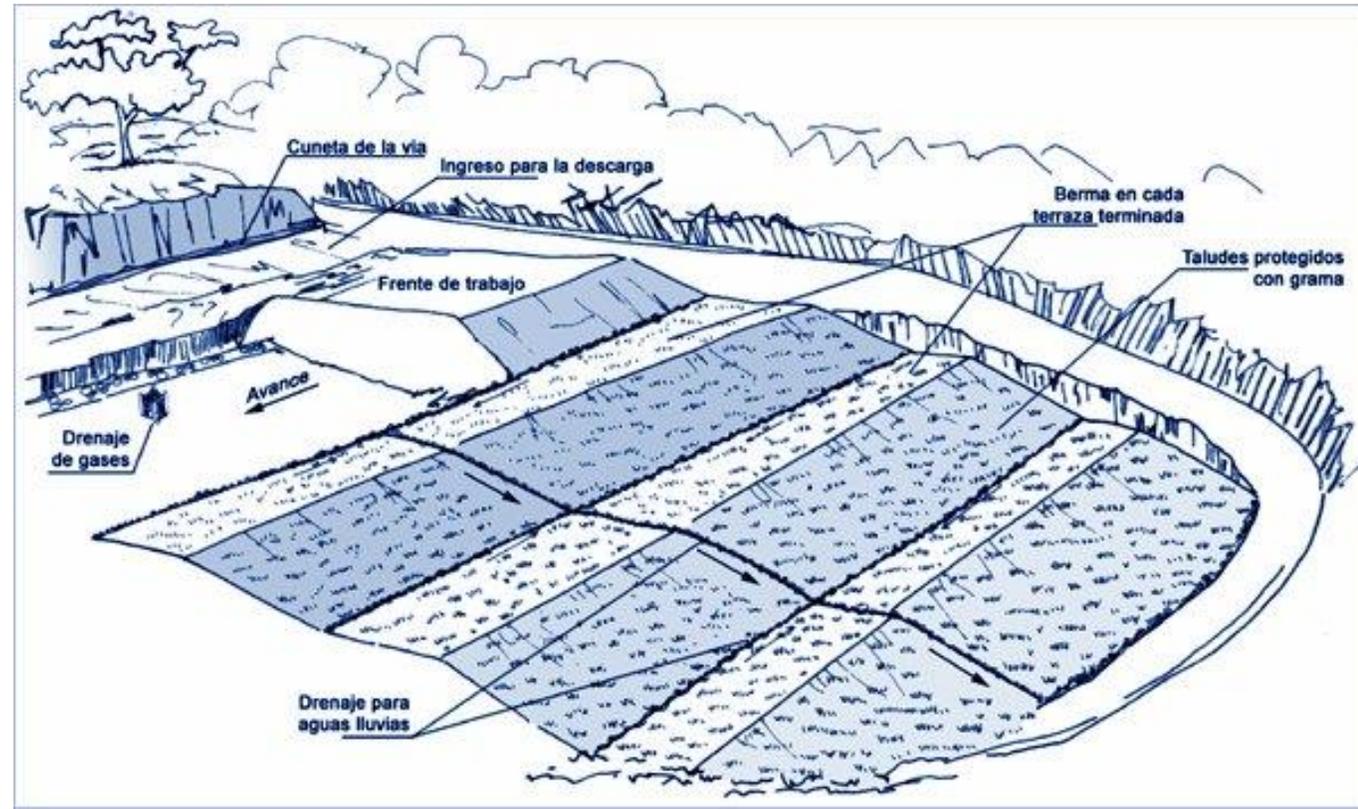
- Evita voladuras y olores, y reduce la proliferación de vectores sanitarios.
- Evita la clasificación de residuos en condiciones inapropiadas
- Evita el aspecto antiestético de los residuos sólidos expuestos.
- Facilita el movimiento de las máquinas y de los vehículos sobre el relleno.
- Evita la quema de residuos a cielo abierto.
- Evita la salida descontrolada de gases.

RELLENO SANITARIO

■ Cobertura final

La cobertura final tiene que asegurar la no liberación de gases, la no penetración de aguas pluviales y la posibilidad de revegetación y

aprovechamiento del terreno una vez transcurrido un tiempo suficiente después de que el relleno deje de recibir residuos.

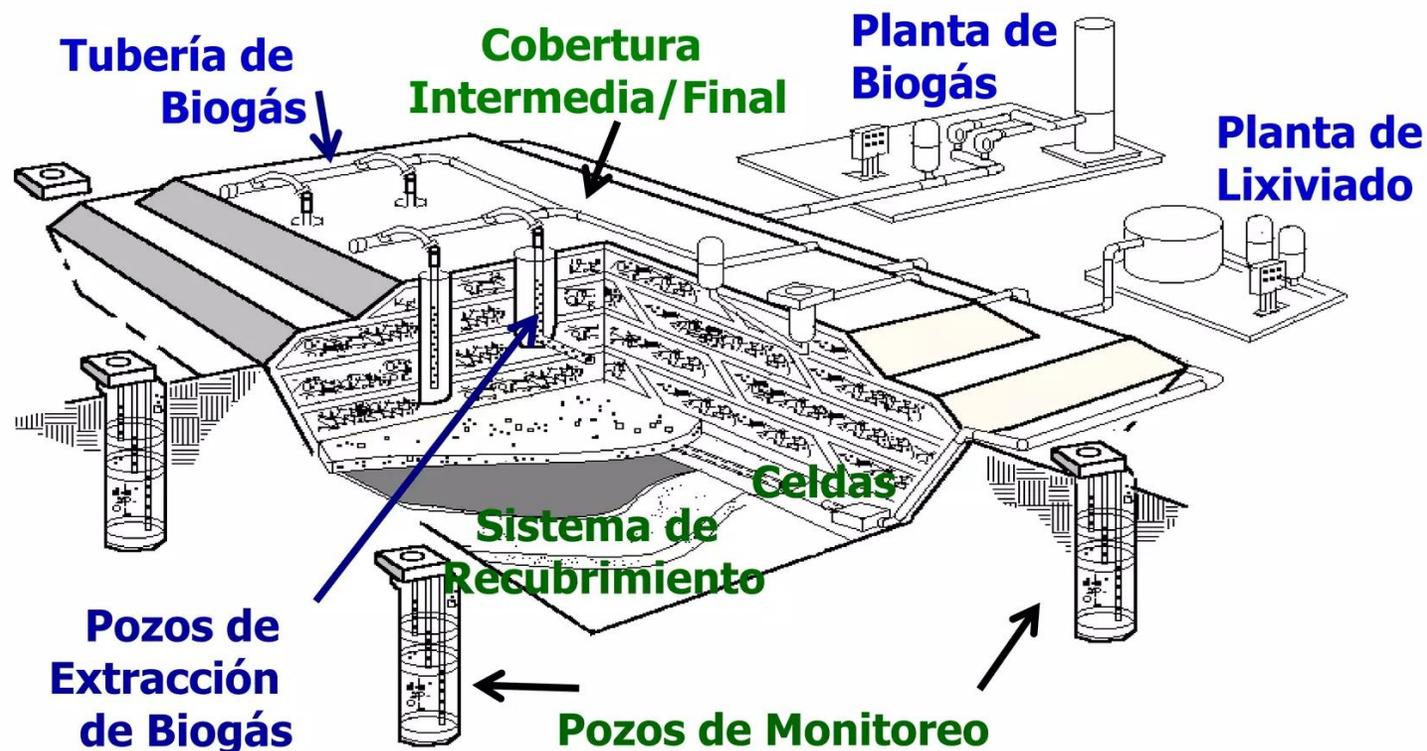


RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de monitoreo de variables ambientales

El sistema de monitoreo de variables ambientales es parte integral de las instalaciones de un relleno sanitario.

En particular, como mínimo debe monitorearse la calidad del agua subterránea, el nivel freático y los asentamientos del cuerpo del relleno.



Monitoreos por medio de construcción de pozos de control, instalación de piezómetros, medidores de desplazamientos horizontales y verticales, medidores de descarga, análisis físico-químicos y biológicos:

Monitoreo Geotécnico:

- Control de desplazamientos horizontales y verticales.
- Control del nivel del lixiviado y de la presión de los gases en el cuerpo del relleno.
- Control de descarga de lixiviado a través de los drenajes.
- Programación de inspecciones periódicas en el sitio.

Monitoreo Ambiental:

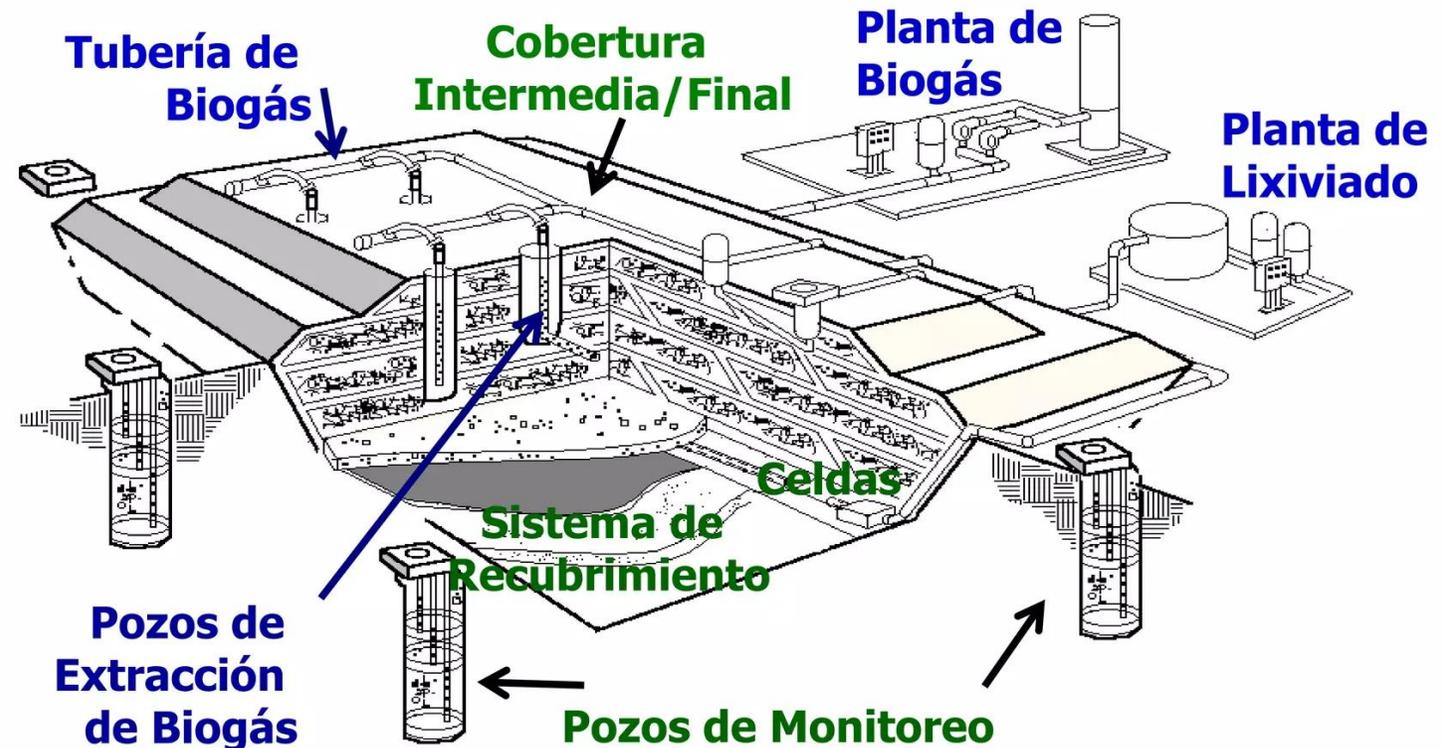
- Control de la calidad de aguas subterráneas.
- Control de la calidad de las aguas superficiales.
- Control de la calidad del aire.
- Control de la contaminación del suelo.
- Control de los agentes propagadores de enfermedades, olores, vectores, voladuras.

RELLENO SANITARIO

▪ Sistema de monitoreo de variables ambientales

El sistema de monitoreo de variables ambientales es parte integral de las instalaciones de un relleno sanitario.

El monitoreo debe iniciarse durante la fase de explotación del relleno, y prolongarse durante por lo menos 20 años después de que deje de recibir residuos.



RELLENO SANITARIO

■ Maquinaria para operación de rellenos sanitarios

En Uruguay, usualmente es maquinaria vial que se destina al SDF.

La mejor es la que efectivamente se tiene y funciona.

Deseable: maquinaria sobre orugas (distribuyen mejor las presiones sobre el terreno)

- Bulldozer
- Pala cargadora
- Retroexcavadora



RELLENO SANITARIO

- **Maquinaria para operación de rellenos sanitarios**

- Bulldozer



- Retroexcavadora



- Maquinaria
- Compactador

arios



RELLENO SANITARIO

■ Instalaciones conexas

- Cerco perimetral
- Control de acceso, seguridad
- Iluminación
- Cortina vegetal
- Caminería interna
- Señalización
- Balanza para camiones
- Oficina (registros históricos)
- Vestuarios y servicios higiénicos
- Taller de mantenimiento de eq
- Control de aves



RELLENO SANITARIO

■ Instalaciones conexas

El SDF deberá contar con esta infraestructura para la recepción de los residuos, cuando alguna eventualidad, desastre natural o emergencia de cualquier orden, no permitan la operación en el frente de trabajo; dicha área debe proporcionar la misma seguridad ambiental y sanitaria que las celdas de operación ordinarias.

Obras complementarias	A	B	C	D
Caminos de acceso	X	X	X	
Caminos interiores	X	X		
Cerca perimetral	X	X	X	X
Caseta de vigilancia y control de acceso	X	X	X	X
Báscula	X	X		
Agua potable, electricidad y drenaje	X	X		
Vestidores y servicios sanitarios	X	X	X	
Franja de amortiguamiento	X	X	X	
Oficinas	X			
Servicio Médico y Seguridad Personal	X			

RELLENO SANITARIO

Es una instalación ingenieril para la disposición final de residuos sólidos diseñada y gestionada de modo de minimizar los efectos sobre el ambiente y la salud pública.

La instalación

- impermeabilización
- sistema de drenaje
- sistema de ventilación
- sistema de recolección de gases
- cobertura
- sistema de recolección de líquidos

