

CAPITULO I
CONCEPTOS GENERALES

1.1 Definiciones.

- **El Relleno Sanitario:** también denominado Vertedero controlado es una instalación de ingeniería para la evacuación de RSU (Residuos sólidos urbanos) en el suelo que no causa molestias ni peligros para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica al ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo.

Este método consiste en depositar en el suelo los desechos sólidos, los cuales se esparcen y compactan reduciéndolos al menor volumen posible para que así ocupen un área pequeña. Luego se cubren con una capa de tierra y se compactan nuevamente al terminar el día.

En un relleno sanitario se trata de aislar los desechos, y controlar los lixiviados y biogás que se generan y que tienden a fluir fuera del relleno, evitando impactos ambientales adversos.

Se llaman lixiviados o percolados a los líquidos que se generan por la descomposición de la materia orgánica y los líquidos que se originan de la infiltración de agua en el relleno.

Los gases generados como consecuencia de la degradación de la materia orgánica se denomina "biogás," gases que cuando se forman en ambientes anaeróbicos contienen principalmente metano y dióxido de carbono.

- **Vertido:** es un proceso mediante el cual se depositan los residuos sólidos en un vertedero. El vertido debe tener una supervisión de los residuos que entran, así como la colocación y compactación de los mismos, también es necesario las instalaciones para el control ambiental.
- **Celda:** Es el volumen de desechos sólidos que se depositan en un relleno y su material de cobertura debidamente compactados generalmente en un día.
- **La cobertura diaria:** generalmente es de 15 a 30 cm de suelo natural o materiales como el compost .

- **Material de cobertura:** Una de las diferencias fundamentales entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura para separar adecuadamente las basuras del ambiente exterior y confinarlas al final de cada jornada diaria. El cubrimiento diario de los desechos sólidos con tierra es de vital importancia para el éxito del relleno sanitario, debido a que cumple las siguientes funciones:
 - Prevenir la presencia y proliferación de moscas y gallinazos
 - Impedir la entrada y proliferación de roedores.
 - Evitar incendios y presencia de humos
 - Minimizar los malos olores
 - Disminuir la entrada del agua de lluvias a la basura
 - Orientar los gases hacia las chimeneas para evacuarlos del relleno sanitario.
 - Dar una apariencia estética aceptable al relleno sanitario.
 - Servir como base para las vías de acceso internas.

- **Capa final de cubierta :** se aplica a toda la superficie del vertedero después que ha finalizado las operaciones de vertido. La cubierta final consiste en varias capas de tierra y o materiales como geomembranas diseñadas para facilitar el drenaje superficial , interceptar aguas filtrantes y soportar vegetación superficial. Permitir el crecimiento de vegetación.

- **El nivel:** es una capa completa de celdas sobre una zona activa del vertedero Normalmente los vertederos se conforman en una serie de niveles.

- **La berma:** o terraza se utiliza frecuentemente cuando la altura del vertedero excede de 1,25 a 2m y sirven para mantener la estabilidad de la pendiente del vertedero.

- **Líquido percolado o lixiviado:** Es un liquido maloliente procedente de la descomposición natural de la basura y de las aguas lluvias que atraviesan las capas de basura, además el lixiviado puede incluir la humedad contenida en los residuos.

- **Gas de vertedero:** Debido a la descomposición anaerobia de la fracción orgánica biodegradable de los Residuos en el vertedero se producen gases tales como: el metano CH₄ y el dióxido de Carbono CO₂, como productos principales y otros componentes en

menor proporción como: el Nitrógeno, oxígeno atmosférico, amoníaco, y compuestos orgánicos.

- **Recubrimientos del vertedero:** son materiales (naturales y fabricados) que se usa para recubrir la base y las superficies laterales del vertedero. Estos materiales son arcilla apisonada y o geomembranas diseñadas para prevenir la migración del gas y del lixiviado del relleno.
- **Instalaciones para el control del vertedero:** consiste en recubrimientos, sistemas para la recogida y extracción del lixiviado y del gas , y las capas diarias y finales de cubierta.
- **Supervisión ambiental:** actividades tales como la recogida y análisis de muestras de agua y aire.
- **Clausura de Vvertedero:** Pasos que se siguen para el cierre y seguridad del relleno, una vez terminada la operación del mismo.
- **Mantenimiento postclausura:** El mantenimiento y supervisión a largo plazo del vertedero (30 a 50 años).

Para la construcción de un relleno sanitario debe escogerse un lugar para el vertedero que sea seco (no tenga un nivel freático alto), si es un hoyo natural mejor. En el caso que no sea un hoyo natural se procede a la excavación del terreno donde el suelo va recubierto por arcilla apisonada que es un material impermeable, luego se coloca una capa geotextil, este material evita el rasgado y punzonado, además de la migración de los lixiviados generados dentro del relleno hacia los acuíferos profundos.

Se debe tener un sistema de recolección de lixiviados y una planta para el tratamiento del mismo. Es indispensable un sistema de manejo de los gases generados dentro del relleno, que consisten en la instalación de una serie de chimeneas verticales con el propósito de conducir los gases hacia la atmósfera

Después se procede al vertido de una capa de basura y una capa de tierra o aserrín que puede ser de 15 a 20 cm compactada.

Cuando el vertedero está lleno se debe hacer un cierre técnico con una capa de suelo natural compactado de al menos 50 cm y en la capa superficial 15-20cm de suelo fértil sembrado con césped .

1.1.1 Clasificación de vertederos.

Los rellenos sanitarios se dividen en tres clases:

Relleno Clase I.

Rellenos para residuos sólidos peligrosos (ejemplo: residuos industriales peligrosos)

En este relleno sanitario puede darse la disposición final, bajo las correspondientes medidas de seguridad, a residuos sólidos industriales provenientes de la producción que en lo posible hayan sido sometidos previamente a un tratamiento químico-físico o térmico.

También para este tipo de relleno sanitario rigen los respectivos valores límites.

Relleno Clase II .

Rellenos para residuos sólidos inertes en los cuales se pueden depositar, sin tratamiento previo, residuos con contenidos especialmente bajos de contaminantes, o tratados de tal manera que presenten una consistencia similar a la de la tierra (ejemplo: escombros, escoria, etc.)

Relleno Sanitario Clase III .

Rellenos para residuos sólidos no peligrosos (ejemplo: residuos sólidos urbanos)

Para la disposición final en rellenos de este tipo los requisitos que debe cumplir la calidad de los residuos depositados son algo menos estrictos. Simultáneamente, sin embargo, los requisitos con respecto al lugar de ubicación y a la impermeabilización del relleno son más rígidas en comparación con el relleno clase II. Esta clase de rellenos corresponde al relleno sanitario actual para residuos domésticos, pero que en razón de sus elevados contenidos orgánicos de los residuos en el futuro no se ajusta ya a los requisitos del relleno clase III.

Para estas clases de rellenos se fijan, teniendo en cuenta su respectivo potencial de peligro, requisitos operativos / técnicos con diferente grado de rigidez.

1.1.2 Tipos de vertederos.

Los tipos de rellenos sanitarios se asignan dependiendo del método de vertido realizado

Método de celda o zanja

Este método es ideal para lugares donde el nivel freático no se encuentra cerca de la superficie, es utilizado en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, usando como herramienta de trabajo una retroexcavadora, el alto de la celda puede ser de 2 a 2.5m y un ancho de por lo menos el doble del tamaño del equipo de trabajo de 3,60 a 10m de ancho. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Generalmente revisten las celdas con membrana sintética o arcilla de baja permeabilidad. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la celda para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra.

Una medida importante es tener cuidado en época de lluvias ya que las aguas pueden inundar las zanjas. Es por esto que se deben construir canales perimetrales para captarlos y desviarlos e incluso proveerlas de drenajes internos. En casos extremos, puede requerirse el bombeo del agua acumulada. 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 cercano 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 o en zona.

En áreas relativamente planas, con condiciones de nivel freático alto, donde no sea factible excavar zanjas o celdas para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. Para la preparación el lugar se necesita un revestimiento y un sistema de control de lixiviados. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de terrenos adyacentes o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Método vaguada / depresión.

Se utiliza vaguadas, fosas y canteras como zonas de vertido. Se adapta para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o se debe procurar extraer este material lo más cerca posible al relleno para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

1.2 Estudio de los principios básicos de un relleno sanitario.

Se considera oportuno resaltar los siguientes principios básicos:

- Supervisión constante mientras se vacía, se recubre la basura y se compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de la operación y el mantenimiento.
- La altura de la celda es otro factor importante a tener en cuenta; para el relleno sanitario manual se recomienda una altura entre 1 y 1.5 metros para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario con una capa de 0.10 a 0.20 m de tierra o material similar es fundamental.
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.20 a 0.30 m, y al final cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio.
- Una regla sencilla indica que alcanzar una mayor densidad resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.
- Desviar aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación para lograr una mejor integración al paisaje natural.

1.2.1 Factores importantes que hay que tener en cuenta en el diseño de Vertederos.

Acceso. Para la ubicación del terreno se debe tener en cuenta la existencia de caminos de acceso de manera que el arribo de los camiones que transportan los residuos no tengan inconvenientes en cualquier época del año.

Área de terreno .El área debe ser lo suficientemente grande para la disposición final de los residuos para una duración mínima de 5 años o de preferencia hasta 25 años.

Método de vertido. El método de vertido varía según la disponibilidad del terreno, material de cobertura .

Características del vertedero lleno. Pendiente de cubierta final del relleno de 3%.

Drenaje superficial. Instalar conductos de drenaje para desviar la escorrentía superficial; mantener la pendiente de 3 a 6 % en el cierre final del relleno para prevenir que se estanque; desviar las aguas lluvias.

Material de cobertura intermedia . Usar en lo posible los materiales del suelo del lugar; también se puede utilizar materiales como compost (producción de abono utilizando basuras biodegradables)

Cobertura final. de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

Recubrimiento del vertedero. Se utiliza una capa de arcilla de (0,6-1,3m)

Diseño y construcción de celdas .Los desechos sólidos son cubiertos por tierra, que se compactan y forman una celda. La basura se coloca en capas de 30 cm y la tierra encima de cada capa de basura es de 15 cm . La capa superior de la celda debe ser de 0,60m. La longitud de cada celda depende de la cantidad de material depositado. El ancho se determina según la maquinaria de trabajo. Entre cada celda se coloca un muro de tierra de 0,90m.

Protección de aguas subterráneas .- se puede instalar drenajes perimetrales.

Gestión del gas de vertedero. Colocar chimeneas, se recomienda poner una chimenea por cada 5m² o cada 10 m².

Recogida del lixiviado. De acuerdo a el flujo del lixiviado se elige el tamaño de la tubería y /o las zanjas para recoger los mismos.

Tratamiento de lixiviados. Seleccionara el tratamiento adecuado de acuerdo a los parámetros del lixiviado.

Requisitos ambientales. Colocar instalaciones para supervisión de lixiviados, de gases, calidad ambiente del aire.

Requisitos de equipamiento. Dependerá del tipo de vertedero y la capacidad del mismo.

Prevención de Incendios. Debe existir agua en el lugar .

1.2.2 Consideraciones en la Ubicación de Vertederos.

Para la ubicación de un vertedero se debe tener la siguiente información.

- **Espesor del Suelo:** Para darnos una idea de conocer la posibilidad de extraer material de cobertura en el sitio y o sus alrededores; se puede hacer un estudio geológico sobre este tema el cuál nos va a dar resultados en los costos de transporte; el espesor del suelo también es un factor de importancia ya que nos permite conocer la profundidad que puede tener el relleno sanitario .

Un Relleno Sanitario debe estar situado de preferencia sobre una capa de suelo de más de 9 metros de espesor; no es indicado en un lugar donde el espesor sea menor de 2 metros por que el material de cobertura sería reducido y la posibilidad de contaminar con los lixiviados la roca madre y de hecho esto se transportaría a fuentes de agua subterránea y superficiales.

- **Pendiente:** Es importante conocer el paisaje edáfico del lugar y de sus alrededores para prediseñar las vías de acceso, las vías internas y la operación del Relleno.

Para que se faciliten las operaciones de un Relleno Sanitario se debe localizar el mismo en un terreno con pendiente entre el 3% y el 12%; no debe estar ubicado en sitios con pendientes mayores del 25% porque las operaciones son más difíciles; los que tienen pendiente menor del 3% generalmente es más difícil el manejo de los lixiviados y escurrimiento de aguas; los terrenos con pendientes entre el 12% y el 25% presentan pequeñas dificultades para la operación del Relleno Sanitario.

- **Textura:** Para la ubicación los Rellenos Sanitarios, la textura es de importancia por ser un indicador de impermeabilidad; se prefieren los finos en el fondo del Relleno Sanitario y en la superficie si se utiliza el mismo material como cobertura; la textura también tiene relación con la reacción del suelo con la basura.

Los mejores terrenos son entonces, los areno-limo-arcillosos ; en segundo lugar los limo arcillosos en tercer término están los arcillo-limosos y por último, es mejor evitar los terrenos areno limosos porque, entre otros, son muy permeables.

- **Permeabilidad:** Para saber si un lugar es el adecuado para la disposición final de los residuos sólidos , es de utilidad conocer previamente la permeabilidad de los suelos. Un terreno ubicado en un sitio con gran permeabilidad puede aumentar los costos ya que tendría que utilizar arcilla impermeable o geomembranas o por la posibilidad de contaminar las aguas subterráneas. Entonces, el terreno deberá tener una permeabilidad baja, la misma que deberá ser menor a $0,000001 \text{ cm / s}$, lo cuál se considera aceptable; si es mayor, el terreno se debe desechar o pensar en impermeabilizar la base del terreno , lo cuál requiere de mano de obra altamente calificada.
- **Humedad:** Está directamente relacionado con el nivel freático, también interpreta la altura del nivel freático; se debe tener muy en cuenta si existe mayor humedad de los suelos se va a tener mayor producción de gases y lixiviados.

Para ubicar un Relleno Sanitario se debe buscar en primer lugar los suelos bien drenados con un nivel freático mayor a 3 metros de profundidad durante todo el año; en segundo lugar se pueden aceptar los moderadamente bien drenados o sea los que parte del año, el nivel freático está entre 0,50 m y 3 m, estos terrenos se deben drenar; los suelos pobremente drenados o sea los que la mayor parte del año el nivel freático se mantiene entre 0,5 m y 3 m se deben drenar artificialmente; es preferible no utilizar los suelos

pobres y los muy mal drenados o sea los que la mayor parte del año tiene un nivel freático menor de 1 metro.

- **pH o Reacción del Suelo:** mide la capacidad de intercambio catiónico que existe entre la basura y el suelo. Los suelos con alto contenido de arcilla que son de textura pesada tienen alta capacidad de intercambio catiónico y de amortiguación, por el contrario, un suelo de textura arenosa u ordinaria tiene baja capacidad de intercambio catiónico.
Se prefieren los terrenos con $\text{pH} > 6.0$; en casos extremos se pueden aceptar terrenos con pH entre 5,5 y 6,0; es preferible no utilizar los terrenos con $\text{pH} < 5,5$.
- **Riesgos Especiales:** Se debe considerar algunos riesgos como por ejemplo que no sea una zona inundable ni que esté expuesta a otros riesgos naturales como son los deslizamientos o asentamientos.

En definitiva , para dar una correcta ubicación de un Relleno Sanitario debemos elegir el área que tenga una profundidad mayor de 9 metros desde la superficie hasta alcanzar la roca dura; que sea un suelo con una pendiente del paisaje edáfico entre 3% y 12%; que sea bien drenado y con un nivel freático mayor a 3 metros durante todo el año; que la permeabilidad sea baja, menor que 0,00001 cm / s; que sea un suelo areno-limo-arcillosos ; que tenga un $\text{pH} > 6,0$; que no se inunde y que no tenga tendencia a sufrir deslizamientos ni asentamientos.

1.2.3 Información sobre costos.

Los costos en un relleno sanitario son:

- Costos de inversión
- Costos de operación.

Para los costos de inversión es necesario conocer el tiempo de vida útil del relleno el cuál varía desde 5 a 25 años .

- Caseta para control de báscula.
- Edificio para administración.
- Cerramiento del sitio.
- Servicios públicos.
- Vías internas.

- Vías externas
- Preparación del sitio.
- Arquitectura
- Cobertura final
- Sistema de recolección de gases.
- Sistema de recolección de percolados.
- Costos de diseño.

Para los costos de operación se requiere :

- Costos de combustible.
- Costos de aceites .
- Costos de mano de obra
- Costos de servicios públicos.

1.2.4 Pasos para el diseño, construcción y operación.

A. Estudios de campo y diseño

- Identificación del sitio a rellenar y sus alrededores.
- Análisis de las condiciones hidrogeológicas.
- Levantamiento Topográfico.
- Elaboración del diseño.
- Análisis de costos.
- Presentación del Proyecto a las autoridades.

B. Preparación del terreno y construcción de obras.

- Limpieza y desmonte.
- Construcción de la vía de acceso interna.
- Cerramiento del terreno – cerca.
- Siembra de árboles a nivel perimetral..
- Construcción del drenaje periférico.

- Preparación del suelo de soporte.
- Construcción de drenajes internos.
- Preparación de ventanilla de gases.
- Construcción de la caseta y las instalaciones sanitarias.
- Excavación de pozos de monitoreo.
- Diseño y ubicación del cartel de identificación.

C. Operación y mantenimiento.

- Adquisición de herramientas.
- Adquisición de elementos de protección de los trabajadores.
- Clausura del terreno.
- Inicio de la operación de relleno.
- Mantenimiento permanente.
- Preparación del presupuesto anual.

1.2.5 Ventajas de un relleno sanitario

- El relleno sanitario, como método de disposición final de los desechos sólidos urbanos, es definitivamente una alternativa muy conveniente para nuestro país. Pero es necesario asignar recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.
- En lo que se refiere a la inversión de capital en un inicio es inferior a la que se necesita para los otros métodos de tratamiento como son: incineración o compostaje.
- En un relleno los costos de inversión y mantenimiento son bajos.
- El relleno sanitario es una técnica completa y definitiva, por su capacidad para disponer casi todo tipo de desechos sólidos, obviando problemas como cenizas de la incineración y de la materia no biodegradable en la compostación.
- Se genera empleo ya sea de técnicos como de mano de obra no calificada.
- Se puede recuperar gas metano producida por la descomposición natural de los desechos sólidos en rellenos sanitarios grandes que reciben más de 200 ton / día, lo que constituye una fuente limpia de energía. El sitio de emplazamiento puede estar cerca al área urbana si existen lugares disponibles, de esta manera se reducen los costos de transporte y facilitan la supervisión por parte de las comunidades aledañas.
- Después del cierre técnico del relleno se puede recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, transformándolos en terrenos útiles como áreas recreativas, parques, campo deportivo, etc.
- El relleno sanitario puede empezar su funcionamiento en corto tiempo para la eliminación de los desechos.

1.2.6 Desventajas de un relleno sanitario

- El relleno sanitario, tiene un problema debido a la oposición que se da por parte de los sectores aledaños al lugar ocasionada generalmente por diversos factores como son:
 - Existe falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
 - Generalmente se confunde el término "relleno sanitario" al de "botadero de basuras a cielo abierto".
 - Por la desconfianza que se ha dado hacia las administraciones locales.
 - Los pocos terrenos disponibles son más caros por el rápido proceso de urbanización, con lo cuál se debe ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.
- La supervisión en la construcción es constante para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. Para esto se debe contar con la asesoría de una persona calificada, que tenga conocimientos técnicos del tema. Todo esto con el propósito de evitar problemas en un futuro.
- Se puede dar un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por que los fondos necesarios para su operación y mantenimiento son escasos en algunos municipios.
- Se puede presentar una contaminación inesperada de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las medidas correspondientes.
- Después de terminado el relleno, el uso del terreno no puede ser de inmediato ya que los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros dos años . El tiempo de asentamiento depende de algunos factores tales como: la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación del sitio.

1.3 Legislación vigente (ver ANEXO 1) y Datos estadísticos

1.3.1 Datos estadísticos.

Los datos estadísticos que a continuación se citan han sido proporcionados por EMASEO, mediante estudios realizados por el mismo.

- **¿Que cantidad de residuos sólidos son recolectados por EMASEO diariamente?**

Población actual del Distrito metropolitano de Quito (año 2003):

1.841.200 habitantes * 0,72 Kg. /hab. /Día.= 1.326 Ton / día. Generación o producción

Toneladas recogidas y dispuestas por EMASEO promedio /día = 1.126 Ton / día

Para proyectarse a los años siguientes se tomara en cuenta la población actual y se aumentará una centésima al PPC¹ por año

- **¿ La calidad y cantidad de residuos sólidos varía entre los diferentes días de la semana y / o entre los diferentes meses del año?**

Si existe variación en calidad y cantidad, la misma obedece a factores como épocas de Feria , alteración del clima, cambios de estaciones climáticas, entre otros.

- **¿ La calidad y cantidad de residuos sólidos varía entre los diferentes sectores del Distrito Metropolitano de Quito?**

Si existe variación.

¹ PRODUCCIÓN PER CÁPITA

- ¿Cuál es la composición de los Residuos Sólidos del Distrito Metropolitano de Quito?

Subproductos	Potencial de reciclaje	Composición porcentual	Densidad (Kg/m ³) ^c	Humedad (%) ^c
Materia Orgánica ^A	SI	60.5%	400	70
Papel	SI	7.0%	90	6
Cartón	SI	2.8%	50	5
Metales	SI	2.5%	320	4
Plásticos alta densidad	SI	2.2%	130	3
Plásticos baja densidad	SI	3.7%	65	3
Vidrio Transparente	SI	1.6%	195	3
Vidrio color ^B	SI	0.7%	195	3
Telas y cueros		2.2%	160	10
Otros		7.1%	480	8
Inertes		9.7%	745	6

A Potencial está relacionado más con el compostaje que con el reciclaje.
 B El reciclaje depende de las especificaciones de los potenciales usuarios del producto.
 C Tchobanoglous, Thiessen & Vigil, 1993

Cuadro 1. Composición típica de los desechos sólidos del Distrito Metropolitano de Quito
FUENTE: Dirección de Planificación / EMASEO 1998

- ¿Cual es el porcentaje de desechos industriales, domésticos, hospitalarios u otros que son recolectados por EMASEO?

Porcentaje desechos domiciliarios = 80.51%

Porcentaje desechos industriales (Mayores Productores) = 13.43%

Porcentaje de desechos de barrido = 5.82%

Porcentaje de residuos hospitalarios = 0.24 %

- ¿Se dispone de Análisis físico químico de residuos sólidos?

Solo se cuenta con la composición física y el poder calorífico de los residuos sólidos .

- ¿Qué cantidad de residuos se genera diariamente en el DMQ, que porcentaje es recolectado y reciclado?

Zonas	Población (hab.)	PPC ¹ Kg/Hab/día	Generación Ton / día	Recolección Ton / día	Reciclaje Ton /día	TOTAL Ton/día	Servicio %
Sur y centro sur	536.549	0,75	402	348	32	380	85,0
Centro histórico ²	229.569	0,75	172	127	41	168	82,6
Norte	633.696	0,75	475	408	38	446	87,1
Parroquias suburbanas	441.386	0,56	247	146	32	178	65,0
TOTAL	1.841.200	0,72	1.297	1029	165	1172	79,9

1 Sujeto a verificación y reajuste

2 servicio de recolección nocturno

PCC representativo domiciliar. 0,72 (+ -) 0.007 Kg. /hab. /día

A la celda generación diaria se debe incrementar un porcentaje del 5% de producción debido a gran cantidad de población flotante que visita a diario Quito

Cuadro 2. Producción y Manejo de Desechos Sólidos en el Distrito Metropolitano.

FUENTE: Dirección de Planificación / EMASEO 1998

- ¿Qué métodos de recolección se emplean?

El método de recolección empleado por EMASEO es denominado de vereda (recolección puerta a puerta) en lo referente a la recolección domiciliaria, para los industriales se utilizan contenedores que son retirados por vehículos carga frontales y fundas de polipropileno para los residuos recolectados por barrido manual.

- ¿Está el DMQ cubierto en su totalidad por EMASEO, existen datos de la cantidad de residuos sólidos que son depositados clandestinamente en lugares no asignados?

EMASEO realiza la recolección en el Distrito Metropolitano de Quito, con excepción de la Parroquia de San José de Minas que tiene un relleno manual donde depositan los desechos, a las parroquias de Chavezpamba y Atahualpa no se presta servicio de recolección.

- **¿Cuál es la frecuencia de recolección y varía esta entre los sectores del Distrito Metropolitano de Quito?**

La frecuencia en todo el DMQ es de tres veces por semana, existen en unas cuantas parroquias suburbanas debido a la distancia y al difícil acceso, actualmente se está sirviendo con 2 veces por semana.

- **¿La recolección es diferente para residuos domésticos , industriales, desperdicios de centro de comercio?**

La recolección varía en relación al equipo que se utiliza, para la recolección domiciliaria, se utiliza vehículos carga posterior y volquetas, para los residuos industriales se cuenta con vehículos carga frontales y volquetas, para desperdicios de centros de comercio, están las cargas frontales, volquetas, palas mecánicas y vehículos roll-off.

- **¿Todos los residuos son depositados en las estaciones de transferencia La Forestal y Zámbriza , de no ser así cuál es la calidad y cantidad que es transferida a otro sitio?**

Actualmente EMASEO dispone todos los residuos producto de la recolección diaria de residuos de transferencia de la Forestal y Zámbriza.

CAPITULO II
ANTECEDENTES

2.1 Para qué fue creado el Programa HELP.

Los datos a continuación son una recopilación del Manual del programa HELP.

HELP (Evaluación Hidrológica para la Ejecución de Rellenos) es un modelo hidrológico para conducir el análisis del balance de agua en rellenos, sistemas de cobertura y facilidades para la disposición de residuos sólidos. El programa HELP fue desarrollado para proveer y permitir a evaluadores y diseñadores de rellenos sanitarios una herramienta para evaluar y comparar rápidamente la ejecución y alternativas para diseño de rellenos.

El modelo acepta clima, suelo y diseña datos, usa técnicas de solución y estima los efectos de almacenamiento de la superficie, escurrimiento, infiltración, evapotranspiración, crecimiento vegetativo, almacenamiento de humedad del suelo, drenaje lateral, recirculación del lixiviado, drenaje vertical no saturado, goteo a través del suelo y geomembrana. El modelo facilita una rápida estimación de cantidades de evapotranspiración, lixiviado, drenaje que se puede esperar como resultado de las variedades del diseño de rellenos.

El sistema de rellenos incluye varias combinaciones de vegetación, cobertura de suelos, celdas para depósito de residuos, capas drenajes laterales, barreras sólidas para permeabilidad baja y geomembranas sintéticas pueden ser modeladas. El modelo se aplica para abrir, cerrar parcialmente o totalmente rellenos.

El principal propósito del modelo es asistir en la comparación de alternativas de diseños, siendo una herramienta para los diseñadores.

2.1.1 Fundamento.

El modelo se fundamenta en un programa energético y en el método de Penman para determinar la evapotranspiración, incorporando los efectos del viento, de la humedad y de la radiación solar en los vertederos. También incluye un modelo para simular suelos helados y mejorar así las precipitaciones de infiltración y de escorrentía en climas fríos.

2.2 Aplicación y limitaciones del Programa.

2.2.1 Aplicación.

La aplicación del programa HELP es determinar con mucha aproximación los componentes del balance hídrico con objeto de servir de ayuda en el proceso de evaluación y comparación de posibles alternativas en el diseño y /o clausura de vertederos controlados.

2.2.2 Limitaciones.

Este modelo es el más aceptado y contrastado de los de su clase, ya que supera las limitaciones de los modelos anteriores al ser un modelo cuasi-bidimensional, puesto que considera, tanto el flujo vertical unidimensional, como el drenaje lateral, que se unen en la parte superior de los niveles de barrera o en la base de los niveles de drenaje lateral.

Por lo tanto, no se encuentran limitaciones claras, salvo que fue desarrollado para la EPA ² por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU., de modo que es un modelo elaborado para las características climáticas, edáficas y para las prácticas operativas y constructivas de Estados Unidos.

2.2.3 Asunciones y limitaciones.

Los procesos del diseño documentado en la sección anterior son necesariamente basados en muchas asunciones simplificadoras.

Generalmente, estas asunciones son razonables y consistentes con los objetivos del programa cuando se aplican a los diseños estándares de rellenos; sin embargo, algunas de estas asunciones no son razonables para diseños inusuales. La mayor asunción y limitación del programa se resume a continuación:

La Escorrentía es calculada usando el método SCS³ de la cantidad diaria de lluvia y derretimiento de la nieve.

El programa asume las áreas adyacentes al relleno, no las que drenan dentro del relleno.

La distribución de la intensidad de la lluvia no es considerada. El programa no puede esperar que se de una estimación exacta de los volúmenes de escorrentía de eventos individuales de tormenta sobre las base de datos diarios de lluvia.

² Enviromental Protection Agency (Agencia de Protección ambiental)

³ Soil Conservation Service. (Servicio de Conservación del Suelo) Método usado para el cálculo de escorrentía(técnica del número de curva)

Sin embargo, porque la relación del SCS lluvia-escorrentía es basada sobre considerables datos diarios de campo, largos periodos estimados de la escorrentía pueden ser razonables.

El método SCS no considera la longitud y pendiente de la superficie sobre la cual el flujo por el suelo ocurre explícitamente. Esta limitación puede ser removida por el desarrollo e implementación dentro de HELP ingresando un proceso de rutina para calcular números de curva que se los toma en consideración del efecto de la pendiente y la longitud de pendiente. La limitación, sin embargo, permanece en el número de curva especificado por el usuario(el primer método).

Esta limitación no es una preocupación con tal que la pendiente y la longitud de la pendiente del relleno difiera dramáticamente de aquellos de la parcela de prueba sobre el cuál se basa el método SCS.

El método SCS podría menospreciar la escorrentía donde la distancia del flujo sobre el suelo es muy corto y la pendiente es muy empinada o cuando la duración de la lluvia es muy corta y la intensidad muy larga.

El modelo HELP asume el flujo de Darcy⁴ por la influencia de la gravedad a través del suelo homogéneo y de las capas de desechos. Esto no considera explícitamente el flujo preferencial a través de los canales como huecos de la raíz, o, las madrigueras de animales, pero permite el drenaje vertical a través de la zona de evaporación. Similarmente, el programa permite el drenaje vertical de una capa en contenido de humedad más bajo que la capacidad de campo cuando el flujo pueda ocupar una fracción significativa de la capacidad de almacenamiento disponible.

El rango de drenaje fuera del segmento se asume que es igual a la conductividad hidráulica saturada del segmento correspondiente a este contenido de humedad, proporcionando que el segmento subyacente no es un revestimiento y no es saturado. Además para estos casos especiales, el drenaje estimado fuera del segmento puede ser limitado por la conductividad hidráulica saturada de el segmento de bajo de él.

Cuando está limitado, el programa calcula una gradiente efectiva de flujo saturado a través del segmento más bajo. Esto permite la percolación vertical o el drenaje lateral de las capas

⁴ Ley de Darcy para determinar la percolación saturada.

dispuestas sin restricciones sobre sus propiedades con tal que ellos se realicen como implica la descripción de sus capas y no como revestimientos.

El modelo asume que a) las propiedades de retención de humedad del suelo y la conductividad hidráulica no saturada pueda ser calculada de la conductividad hidráulica y b) las propiedades de retención de humedad del suelo encajen con la relación Brooks-Corey (Brooks 1964) definido por los tres parámetros de retención de humedad del suelo. Al obtener los parámetros de Brooks-Corey, el modelo asume que la relación de conductibilidad hidráulica no saturada con la humedad del suelo se describe bien por la ecuación de Campbell.⁵

El modelo no calcula el flujo explícitamente por las diferencias en la succión del suelo (la gradiente de succión del suelo) y, como tal, no diseña el arrastre de agua ascendente por el secado capilar. Este arrastre de agua ascendente es diseñado como un extracto en lugar del transporte de agua hacia arriba. Por consiguiente, es importante que la profundidad de la zona de evaporación se especifique como la profundidad de secado capilar. El drenaje descendente por succión del suelo ejercida por los suelos secos más bajos en el perfil del relleno es diseñado como flujo de Darcy para cualquier suelo que contenga mayor humedad relativa que los suelos más bajos. La proporción del drenaje es igual a la conductibilidad hidráulica no saturada calculada como una función de la gradiente de presión.

El goteo a través de el revestimiento de suelo es diseñado como flujo saturado de Darcy. El goteo se asume que ocurre sólo mientras es conducido a la superficie del revestimiento.

El modelo asume que la conducción de percolados puede ser representada por un promedio de la conducción que cruza todo el revestimiento y puede ser estimado del almacenamiento de la humedad del suelo. También asume que el revestimiento está debajo de toda el área del relleno y que cuando ocurre el goteo, toda el área del relleno gotea.

El modelo no considera ni el envejecimiento del revestimiento y por consiguiente la conductividad hidráulica saturada del revestimiento no varía en función del tiempo.

Se asume que las geomembranas gotean a través de los agujeros de la misma. El goteo atraviesa los agujeros y cobertores entre la geomembrana y el suelo hasta que la conducción se ha disipado. El goteo percola a través del suelo a la proporción dependiente de la conductibilidad hidráulica saturada y de la gradiente de presión. Por consiguiente, el efecto

⁵ Método para calcular el Drenaje lateral no saturado.

neto de una geomembrana es reducir el área de percolación a través del sistema del revestimiento. El programa asume que los agujeros son distribuidos uniformemente y la conducción es distribuida por todo el revestimiento. El modelo no considera envejecimiento del revestimiento y por consiguiente el número y tamaño de los agujeros no varían como una función de tiempo. Además, se asume que la conducción en los agujeros puede representarse por el promedio de conducción por todo el revestimiento y puede estimarse del almacenamiento de humedad del suelo. También se asume que el revestimiento está debajo de toda el área del relleno.

El modelo del drenaje lateral es basado en la asunción de que el perfil de la profundidad saturada es característico del perfil para la profundidad promedio de saturación dada. Por lo tanto se asume que el rango del drenaje lateral está dado por la profundidad promedio de saturación. En la realidad la proporción sería algo mayor para los períodos cuando la profundidad aumenta y algo menor para los períodos cuando la profundidad disminuye.

El drenaje estacionario implica que existen condiciones saturadas sobre toda la superficie del revestimiento, acorde con las asunciones para el goteo a través del sistema de revestimiento.

El modelo asume que el crecimiento vegetativo y la marchitez puede ser caracterizada por el modelo del crecimiento vegetativo desarrollado para cosechas y céspedes. Además, se asume que la vegetación transpira agua, da sombra a la superficie, intercepta la lluvia, reduce la escorrentía en cantidades similares del césped o como una equivalencia que se ajusta a LAI.⁶

2.2.4 Límites de aplicación.

El modelo puede manejarse a través del encaminamiento del agua o el almacenamiento en capas de suelo o desechos (1 a 20 capas); así como pueden ser empleados cinco sistemas de revestimiento. El periodo de simulación tiene un rango de 1 a 100 años. El modelo no puede simular un descenso capilar o el drenaje lateral no saturado.

El modelo tiene límites de arreglo de las capas en el perfil del relleno. Cada capa debe ser descrita como uno de los cuatro tipos siguientes: capa de percolación vertical, capa de drenaje lateral, capa de revestimiento de suelo de barrera (arcilla), o revestimiento de geomembrana. El modelo no permite colocar una capa de percolación vertical directamente debajo de la capa de drenaje lateral. Un revestimiento de suelo de barrera no puede estar debajo de otro revestimiento de suelo de barrera. Las Geomembranas no pueden envolver un revestimiento de suelo de barrera

⁶ Leaf area Index (Índice de área de hoja)

y el revestimiento de suelo de barrera no puede envolver una geomembrana. La capa de cubierta no puede ser un revestimiento. Si el revestimiento no se coloca directamente debajo de la capa más baja de drenaje lateral, las capas de drenaje en el perfil subterráneo son tratadas por el modelo como capas de percolación vertical. Ninguna otra restricción se pone en el orden de las capas.

La ecuación del drenaje lateral se desarrolló para el rango esperado de las especificaciones de diseño de desechos peligrosos en rellenos. Los rangos permisibles para la pendiente de la capa de drenaje son de 0 a 50 por ciento. Debido a la dimensión de la estructura de la ecuación del drenaje lateral, no hay ningún límite práctico en la longitud máxima de drenaje. Varias interrelaciones deben existir entre las características del suelo de una capa y del perfil subterráneo del suelo. La porosidad, capacidad del campo y punto marchitez pueden ir teóricamente de 0 a 1 unidades de volumen / volumen; sin embargo, la porosidad debe ser mayor que la capacidad de campo, y la capacidad de campo debe ser mayor que el punto marchitez.

El almacenamiento de humedad inicial del suelo debe ser mayor que o igual al punto de marchitez y menor o igual a la porosidad. El contenido inicial de humedad en el suelo debe ser igual a la porosidad y los revestimientos permanecen saturados. Los valores de capacidad de campo y el punto de marchitez no se usan para revestimientos de suelo de barrera. Los valores para la porosidad, capacidad de campo y punto de marchitez no se necesitan para geomembranas.

Los valores para el índice de área de hoja pueden ir de 0 para la tierra desnuda a 5 para una posición excelente de césped. Se dan recomendaciones detalladas para los índices de área de hoja y las profundidades de evaporación en el programa.

Los valores predefinidos para el coeficiente de evaporación son basados en los resultados experimentales. La base para el cálculo de estos valores predeterminados se describe por el Schroeder ⁷(1994) el modelo impone límites superiores e inferiores de 5.1 y 3.3 para no exceder el rango de datos experimentales.

La escorrentía de la superficie de las áreas adyacentes no fluye hacia el relleno, y las características físicas del relleno especificado por el usuario permanece constante sobre el período diseñado. Ningún ajuste es hecho para los cambios que ocurren en estas

⁷ Autor Modelo de la versión 3 del programa HELP

características como las edades del relleno. Adicionalmente, el programa no puede modelar el proceso del relleno en una sola simulación. El envejecimiento de materiales y la preparación del funcionamiento del relleno deben modelarse por las sucesivas simulaciones.

2.2.5 Características predefinidas de los Suelos.

El modelo HELP contiene los valores predefinidos de las características del suelo basados en las clases de textura de suelo. La documentación para Versión 3 describe el origen de estos valores predefinidos (Schroeder 1994). Se recomienda los valores predefinidos por LAI y la profundidad de evaporación basadas en el espesor de cobertura de suelos dados en el programa.

2.2.6 Características Manuales del Suelo.

El modelo HELP calcula los valores para los tres parámetros de Brooks-Corey como se describe en la documentación para la Versión 3 (el Schroeder 1994) basado en los valores de la porosidad, capacidad de campo y punto marchitez.

2.2.7 Inicialización de humedad del suelo.

La humedad de las capas de suelo puede ser inicializada por el usuario o el programa. Cuando se inicializa con el programa, el proceso consiste en 3 pasos:

El primer paso coloca la humedad del suelo de todas las capas excepto los revestimientos de suelo de barrera igual a la capacidad de campo y todos los revestimientos de suelo de barrera igual a la porosidad saturada.

En el segundo paso, el programa calcula la humedad del suelo de cada capa bajo el revestimiento de suelo de barrera. Este contenido de humedad en el suelo es calculado para producir la conductividad hidráulica no saturada igual al 85 % de la conductividad hidráulica más baja de todos los sistemas de revestimiento sobre la capa, incluyendo la presencia de una geomembrana sintética. Si la conductividad hidráulica no saturada es menor que 1×10^{-6} cm/sec y si el cálculo de humedad del suelo es mayor que la capacidad de campo, la humedad del suelo es igual a la humedad de suelo calculada en vez de la capacidad de campo.

El tercer paso en la inicialización consiste en hacer correr el modelo para un año de simulación usando los datos del primer año de clima y los valores iniciales de la humedad del suelo seleccionados en el segundo paso. Al final de este año de inicialización, los valores de

humedad del suelo que existen en ese punto son reportados como valores iniciales de humedad del suelo. La simulación se reinicia después usando el primer dato de clima.

2.2.8 Valores de temperatura y Radiación Solar.

Los valores de temperatura y Radiación Solar son asumidos como representativos del clima del sitio. La temperatura diaria es función de la temperatura media mensual y de la ocurrencia de lluvias.

La radiación solar es función de la latitud, ocurrencia de lluvias, promedio diario de días secos y promedio diario de días húmedos.

2.3 Datos de entrada que requiere el Programa y Datos de Salida

2.3.1 Datos de Entrada

Datos climatológicos: temperatura media, precipitación, radiación solar acumulada, profundidad de la zona de arado, latitud, longitud, tipo de vegetación, inicio y final del período de crecimiento de la vegetación, velocidad media anual del viento y humedad relativa media.

Datos sobre las características de los materiales de vertido: número y tipo de capas: percolación vertical, drenaje lateral, tipo de suelo-barrera o geomembrana), espesor de las capas, textura, porosidad, capacidad de campo, punto de marchitez y conductividad hidráulica saturada.

Datos sobre el diseño del vertedero: Porcentaje en el que es posible la escorrentía en cada superficie en la que se haya dividido el vertedero, pendiente, máxima distancia de drenaje en las capas de drenaje lateral, porcentaje de recirculación de los lixiviados y capa sobre la que se recirculan aquellos.

Los datos se pueden introducir diaria o mensualmente.

2.3.2 Datos de salida:

Las respuestas se pueden producir de forma variada dependiendo de las especificaciones del usuario: en valores diarios, mensuales, anuales totales, medios de los valores mensuales y anuales para el período simulado y máximos diarios para el período simulado.

2.4 Descripción Integral del Proyecto del Inga.

2.4.1 Ficha técnica.

▪ Nombre del Proyecto y denominación del Área	Proyecto Relleno Sanitario del Inga Bajo.
▪ Localización	Provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, localizada en el sector Industrial de Itulcachi, en la Zona del Inga Bajo, a una distancia de 40 Km. al este de Quito.
▪ Ubicación cartográfica:	UTM 17794611 E UTM 9967781 N LATITUD 00° 17' 28 S LONGITUD 078° 21' 14 W Fuente: datos tomados por el autor in situ.
▪ Superficie del Área del Relleno:	8 hectáreas.
▪ Compañía Operadora:	CORPSYS S. A.
▪ Representante Legal	Gerente general Ramiro Manosalvas.
▪ Nombre de la Compañía consultora	HIDROTEC, COOMULTREEV
▪ Plazo de Ejecución:	18 meses.

Cuadro 3. Ficha Técnica.

FUENTE: CORPSYS S. A

2.4.2 Introducción:

“El Ministerio de Salud pública, mediante el acuerdo ministerial No 0451 del 8 de agosto de 2002 y ante el pedido del Ministerio de Ambiente, declara en Estado de Emergencia Sanitaria al servicio integral de los desechos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito, disponiendo la adopción de medidas oportunas y emergentes en el orden técnico para evitar los daños ambientales que estaba generando el botadero de Zábiza”⁸

Se resuelve autorizar a la Empresa Metropolitana de Aseo de Quito, EMASEO por el plazo de 2 meses contados a partir del 1 de enero del 2003, la Operación Emergente del sistema de disposición final de los residuos sólidos del Distrito Metropolitano de Quito, en el sitio

⁸ Resolución No. 086 Ministerio del ambiente

determinado para la construcción del nuevo relleno sanitario, denominado El Inga Bajo. Se prevé disponer 1290 toneladas por día que se recolectan, de una forma sanitaria y ambientalmente sustentable.

2.4.3 Objetivos .

- Cumplir estrictamente el Plan de Manejo Ambiental, Marco Legal vigente, Plan de contingencias, Plan de salud y seguridad Ambiental, Plan Integral de Monitoreo Ambiental (PIMA).
- El Relleno sanitario estará destinado para la disposición de residuos sólidos no peligrosos, no se podrá colocar otro tipo de desechos que puedan ser definidos como peligrosos.
- Cumplir con el tratamiento de lixiviados .
- Realizar los estudios técnicos necesarios para determinar el sitio de disposición final de residuos sólidos a ser utilizado una vez que termine la vida útil del relleno Sanitario Inga Bajo (18 meses).
- Presentar 6 meses antes del cierre definitivo el Plan de clausura y post clausura.

2.4.4 Características generales del sitio.

2.4.4.1 Sistema Abiótico.

▪ Clima y Meteorología.

Existen varios parámetros que se consideraron y que están relacionados con la climatología como son: Temperatura del aire, pluviosidad, Humedad Relativa, Velocidad y dirección del viento, Evaporación potencial mensual y Heliofanía.

▪ Geología Geomorfología.

La geología y relieve del sector son producto de la tectónica y de la actividad volcánica del Terciario y cuaternario que dan como resultado la depresión interandina con la acumulación de depósitos volcano sedimentarios.

Geomorfología: Se ubica en una terraza de vertientes inferiores y relieves de la cuenca interandina del río Inga y fondos de las quebradas Guantopugro e Inga bajo; estos rellenos son de origen volcánico sedimentarios y piroclásticos.

La morfología de la superficie se compone de amplios interfluvios con una cima relativamente plana a ondulada; está separada por las quebradas, profundas incisiones fluviales con faldas empinadas y escarpadas conocidas como perfil en V.

▪ **Hidrología y calidad del agua.**

De acuerdo con los análisis en laboratorio, las aguas de los ríos y quebradas son adecuadas para consumo humano previa desinfección.

El control de efluentes de construcción y campamentos debe ser riguroso debido a su calidad y bajo nivel de caudal.

Las aguas del río Inga tienen buena calidad pero se encontró plomo sobre los límites permisibles ya que pasa por la zona industrial de alto riesgo.

▪ **Calidad del aire.**

La contaminación atmosférica que se da en la zona se debe principalmente al polvo en la atmósfera principalmente por ser una región seca.

La etapa de construcción del relleno se puede afectar la calidad del aire debido a:

- Reducción de la capa vegetal.
- En el manejo y almacenaje de tierra y material de construcción.
- En el transporte.
- En la extracción y carga de tierras y rocas.

La operación del relleno sanitario puede ocasionar las siguientes emisiones:

- Presencia de metano
- Presencia de compuestos orgánicos diferentes al metano.
- Presencia de partículas y gases de escape de fuentes móviles
- En el manejo y cobertura con tierra

- Las emisiones del relleno esta dada por la producción y transporte

2.4.4.2 Sistema biótico.

- **Flora.** Se encuentra la siguiente vegetación :

- Chilca blanca.
- Cabuya blanca.
- Capulí.
- Romero.
- Tomate de árbol.
- Tocte
- Salvia

- **Fauna.**

La fauna pertenece al piso Templado del la sierra ecuatoriana. El clima del lugar es templado árido, teniendo similitud con la fauna altoandina.

- Aves: Gallinazo de cabeza negra, tórtolas, gorrión, torcazas, tucurpilla, lechuza blanca, troquino, azulejo, frutero tangara, quinde.
- Anfibios: Ranas
- Reptiles: Guagsas, lagartija de jardín, culebras bobas.
- Mamíferos: Raposa, Murciélagos , ratón, lobo, zorrillo, zarigueya.

2.4.4.3 Sistema Antrópico.

- **Socioeconomía:**

Los terrenos seleccionados para el relleno del Inga Bajo han sido negociados de manera definitiva por la empresa encargada de la operación del mismo.

Para el Municipio de Quito es de interés tomar en cuenta los efectos directos e indirectos sobre la población cercana al relleno sanitario por lo cuál cumplirá con la disposición final de los desechos sólidos de forma adecuada.

- **Valores arqueológicos y Culturales:**

La zona del relleno sanitario no tiene muchos estudios en el aspecto arqueológico y cultural así como el sector del Valle de los Chillos; más bien los estudios se basan en un espacio entre los valles de los chillos y el de Tumbaco, que forma parte del proceso histórico-cultural de Quito.

Esta zona del Inga se encuentra erosionada y perturbada por la acción antrópica y natural, existe poco material cultural. En cuanto a la parte arqueológica hay evidencias líticas, y sería recomendable realizar monitoreos arqueológicos durante las actividades de infraestructura.

2.4.5 Características del proyecto.

El proyecto del Inga Bajo está previsto para disposición final de residuos sólidos domésticos y los asimilables a esta categoría. Su extensión total es de 8 hectáreas, de las cuáles 5 hectáreas se utilizan en la operación del mismo.

- Estudios de factibilidad.
 - Ordenamiento territorial del DMQ.
 - Factibilidad de acceso y transporte .
 - Características geológicas y geotécnicas.
 - Condiciones de exclusión.

- Línea base.

Descripción del las condiciones iniciales del ambiente.

- Movimiento de tierras.

Se refiere a los trabajos de excavación de plataformas, zanjas, obras civiles, cimentaciones, vías de acceso, etc.

- Construcción de edificaciones.

En cuanto a: Instalaciones eléctricas, prevención de incendios, sistemas de tratamiento de agua, instalaciones hidráulicas y sanitarias.

- Impermeabilización base del relleno.

Colocación de una capa sintética o natural en la base del relleno para impermeabilizarlo y evitar el paso de lixiviados al subsuelo.

- Diseños de construcción de celdas.
- Colocación de filtros y drenes.
- Instalación de chimeneas.
- Construcción de piscinas para tratamiento de lixiviados.
- Deposito de basura en la celda.
- Tendido y posterior compactación de basura.
- Cierre técnico del relleno.

Las instalaciones del relleno sanitario son las siguientes:

- **Cerramiento:**
Cerramiento perimetral de malla hexagonal de 1,8 m de altura y con 2 filas de alambre de púa.
- **Báscula:**
Para registro de la cantidad de desechos operados en el relleno sanitario, de tipo electrónica y con software para manejo de base de datos.
- **Caseta de control.**
Es el lugar donde se instala el sistema de control de báscula. Área aproximada 16 m²
- **Guardianía:**
Para el control de ingreso peatonal y vehicular. Área aprox. 16 m²
- **Área administrativa:**
Consta de:
 - Sala de control e ingeniería.
 - Bodega de suministros y herramientas.

- Baño.
 - Área aprox. 32 m².
- **Área de parqueadero**
Área aprox. 50 m². Tanto para personal operativo como para visitas.
- **Área de facilidades para el personal operativo.**
 - Área de vestidores, duchas y baños.
 - Cafetería, cocina.
 - Se estima un área de 50 m²
- **Talleres de mantenimiento**
 - Área de garaje para la maquinaria.
 - Área de vulcanizadora.
 - Área de mantenimiento.
 - Área de bodega del taller.
 - Área aprox. de 150 m².
- **Tratamiento de aguas servidas.**
 - Se prevé la construcción de una red interna de alcantarillado para el manejo de aguas servidas. Longitud de la red aprox. 100m.
 - Fosa séptica, filtro biológico y descarga.
- **Cisterna de agua potable:**
Para el consumo de diferentes áreas sanitarias , será necesario disponer de una cisterna de aproximadamente: 20 m³
- **Vía interna de acceso a plataformas**
Las vías existentes principales, secundarias y temporales. Se estima 300m de vía principal.
- **Cunetas perimetrales**
Las cunetas perimetrales deben ser implementadas a lo largo del perímetro del relleno.
La longitud aprox.: 300m

▪ **Drenes:**

En las plataformas de operación será necesario la implementación de un sistema de drenaje para la recolección de lixiviados, que consta de sistema de espina de pescado, con un dren central de sección cuadrada 0.70m por lado y espaciados a 50m entre ellos.

- Se estiman aprox. 2000 metros de drenes los cuales tendrán geomembrana en la superficie de contacto con el suelo y geotextil en la parte lateral y superior para evitar el ingreso de fines a los drenes que serán constituidos por piedra bola de diámetro mayor o igual a 5 cm.
- Los drenes secundarios pueden ser de sección cuadrada de 0.35 m con características similares al dren principal. La longitud es de 300m.

▪ **Chimeneas:**

La construcción de chimeneas es necesaria para la evacuación de gases , las mismas que se ubican en los drenes principales a una distancia de 40m, estos serán de sección cuadrada de 70 cm. de lado, estarán constituidas con pingos de madera en los vértices y con malla metálica hexagonal en el perímetro, para facilitar el drenaje de los gases se llenará con piedra bola de diámetro mayor a 10 cm y menor a 20 cm.

▪ **Tratamiento de lixiviados**

Existen 2 alternativas:

- Plantas de tratamiento que consisten en: sedimentación, tratamiento anaerobio, filtros biológicos y descarga.
- Lixiviados jóvenes serán recirculados hacia la plataformas semicompletadas para facilitar la degradación anaerobia.

▪ **Cierre del relleno sanitario:**

La capa de cubierta final de tierra de 0.80 m sobre la cuál se sembrará césped.

▪ **Rotulación de información.**

- Identificación del relleno.
- Condiciones para depositar los desechos del relleno.
- En el interior debe existir señalización de vías de acceso.
- Señalización de seguridad industrial.

▪ **Equipo requerido para operación:**

- tractores con equipo para relleno sanitario.
- 1 Compactador de relleno sanitario.
- 1 Retroexcavadora con cargador frontal.
- 2 volquetas 8 -10 m³

2.4.6 Marco de referencia legal.

Las normas jurídicas tomadas en cuenta para este proyecto son las siguientes:

- Constitución Política de la República del Ecuador
- Ley de gestión Ambiental.
- Ley de Régimen Municipal.
- Ley del régimen para el Distrito Metropolitano de Quito.
- Legislación Distrital.

2.4.7. Plan de manejo Ambiental.

El plan de Manejo ambiental tiene el propósito de formular las acciones necesarias, a través de las cuales se logre prevenir, controlar, minimizar y compensar los daños potenciales de las diferentes actividades del proyecto como son la construcción y operación del mismo.

El PMA tiene programas tales como:

- Medidas de prevención y rehabilitación.
- Seguridad industrial y salud Ocupacional.
- Educación y Concienciación Ambiental.
- Desarrollo comunitario.
- Recuperación del paisaje, abandono y entrega del área.

CAPITULO III
METODOLOGÍA DEL TRABAJO.

3.1 Estudio del programa HELP.

3.1.1 Desarrollo de un Manual básico (Evaluación Hidrológica de Rellenos para la Ejecución del Modelo HELP)

RESUMEN.

A continuación se presenta una guía para el uso del programa HELP.

Este Manual explica como usar la Versión 3 de la Evaluación Hidrológica de Rellenos para la Ejecución del Modelo HELP.

La sección 1 provee una visión del modelo y los requerimientos del Software y Hardware. La sección 2 describe un diseño básico de rellenos y el manejo de conceptos de líquidos. La Sección 3 presenta definiciones, Opciones y limitaciones para ingresar parámetros así como una guía detallada de los valores de entrada. La sección 4 provee instrucciones detalladas de cómo ingresar datos, realizar la simulación y ver la impresión de resultados.

El usuario de interfaz se realiza bajo DOS o un computador IBM y computadores compatibles. El programa HELP tiene un uso interactivo y con facilidad de ingreso de datos, diseñado para proveer al usuario la mayor asistencia posible en preparar datos para que el modelo se ejecute. El programa brinda el manejo de archivos tanto de clima como de suelo, fuente de datos predefinidas, edición interactiva de capa, ayuda en línea, verificación de datos.

La versión 3 de HELP representa un avance significativo sobre las técnicas de ingreso de la versión 2. Los usuarios del HELP deben encontrar a la versión 3 facilidad para usar y debe ser capaz de usarlo para muchos propósitos como preparar y editar archivos de rellenos sanitarios y datos de clima. La Versión 3 facilita el uso de las unidades métricas, aplicaciones internacionales y diseño con materiales geosintéticos.

3.1.2 SECCION 1. Introducción

HELP (Evaluación Hidrológica para la Ejecución de Rellenos) es un programa de computación que posee un modelo hidrológico en 2 dimensiones del movimiento de agua dentro, fuera, a través de rellenos

El modelo acepta clima, suelo y diseña datos, usa técnicas de solución y estima los efectos de almacenamiento de la superficie, escurrimiento, infiltración, evapotranspiración, crecimiento vegetativo, almacenamiento de humedad del suelo, drenaje lateral, recirculación del lixiviado,

drenaje vertical no saturado, goteo a través del suelo y geomembrana . Los sistemas de relleno incluyen el diseño de varias combinaciones de vegetación, cobertura de suelo, celdas de desechos sólidos, capas de drenaje lateral, barreras de suelo de baja permeabilidad y revestimientos de geomembrana geosintéticas.

El programa fue desarrollado para conducir el análisis del balance de agua de los rellenos, sistemas de cobertura, y disposición de desechos sólidos. Además el modelo facilita una estimación rápida de las cantidades de escorrentía, evapotranspiración, drenaje colección de lixiviados y goteo del revestimiento como resultado de la variedad de diseños de rellenos.

El modelo se aplica para abrir, cerrar parcialmente o totalmente rellenos.

El principal propósito del modelo es asistir en la comparación de alternativas de diseños, siendo una herramienta para los diseñadores.

3.1.2.1 Fondo.

El programa HELP, Versiones 1, 2 y 3, fueron desarrolladas por El Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, para la Agencia de la Protección del Ambiente (EPA).

La Versión 1 de HELP (Schoeder, 1984) representa un avance hacia el modelo de Simulación Hidrológica en Sitios de Disposición de Desechos(HSSWDS).

El modelo (HSSWDS) simula sólo el sistema de cobertura, pero no diseña el flujo lateral a través de las capas de drenaje, y maneja el drenaje vertical de una manera rudimentaria. La infiltración, percolación y evapotranspiración es igual a las usadas en (CREAMS) ⁹

La Versión 1 incorpora el drenaje lateral subterráneo y mejora el drenaje no saturado y el goteo del revestimiento en el modelo HSSWDS. Además el modelo HELP provee la simulación de todo el relleno incluyendo la colección de lixiviados y los sistemas de revestimiento.

En la versión 2 (Schroeder ,1988), se añade al modelo para producir valores diarios de precipitación, temperatura, radiación solar, reemplazando el uso de la temperatura media mensual y valores de radiación solar y mejorando el modelo de nieve y evapotranspiración.

⁹ Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems.(Químicos, escorrentía, y Erosión de los Sistemas de Manejo de agricultura.

El modelo de crecimiento vegetativo calcula el Índice de Área de hoja, además ha mejorado el cálculo de conductividad hidráulica no saturada, de drenaje lateral, datos de suelo predefinidos, permite usar más capas, la inicialización de contenido de humedad en el suelo. La entrada y la edición fue simplificada. Los resultados son más claros y se reportan las desviaciones.

En la Versión 3 del modelo HELP mejoró en gran proporción frente al Versión 2.

Se han aumentado el número de capas que pueden ser diseñados. La lista de la textura de suelos y materiales ha mejorado. Calcula la recirculación de lixiviados entre las capas de suelo y el drenaje de agua dentro del relleno. El modelo HELP 3 estima el lixiviado a través de geomembranas debido a los defectos de manufactura y de instalación y la difusión de vapor a través del revestimiento. La estimación de escorrentía de la superficie del relleno ha mejorado con la estimación de pendientes y longitud de pendientes. El modelo de derretimiento de nieve se reemplazó por el método de Penman que incluye los efectos de la humedad y del viento.

3.1.2.2 Apreciación global.

El principal propósito de esta guía para el usuario es brindar la información necesaria para el uso del programa HELP.

Es necesario que el usuario estudie esta guía antes de usar el programa para evaluar el diseño del relleno.

3.1.2.3 Documentación del Sistema y Operación.

3.1.2.3.1 Equipo de Computador.

El modelo HELP fue escrito para ejecutarse en Computadores Personales IBM y computadores compatibles (8088, 80286, 80386 o 80486) al mismo, bajo el ambiente DOS.

3.1.2.3.2 Requisitos del Hardware

1. Monitor, preferible color EGA o mejor.
2. La unidad de disquetes (5.25-pulgadas de doble cara, doble - o de alta densidad; o 3.5-pulgadas de doble cara, doble - o de alta densidad)
3. Manejo de Disco duro o una segunda unidad de manejo de disquete.

4. 400 kbytes o más memoria RAM disponible.
5. 8087, 80287, 80387 o 80486 con procesador matemático.
6. Impresora, si se desea una copia.

3.1.2.3.3 Requisitos del Software.

El usuario debe usar Microsoft o un disco compatible de sistemas de Operación (MS-DOS) Versión 2.10 o una mejor. El Módulo ejecutable para la interfaz del usuario fue recopilada y enlazado con Microsoft Basic Professional Development System.

3.1.3 SECTION 2. Conceptos Básicos para el diseño de Rellenos.

3.1.3.1 Fondo

Durante los últimos 20 a 30 años, el Relleno sanitario ha llegado a ser reconocido ampliamente como uno de los medios económicos y eficaces para la disposición de residuos sólidos municipales e industriales. Hoy, se desarrollan métodos modernos de construcción y manejo, incluso en volúmenes grandes de tales materiales y pueden disponerse de la mejor manera para proteger la salud pública y minimizar los efectos adversos en el ambiente.

Recientemente, la atención pública se enfoca a los desechos sólidos peligrosos. La diversidad química y física, persistencia medioambiental, y los efectos perjudiciales agudos y crónicos en la salud de seres humanos, plantas y animales de muchas de estas sustancias son tales que se debe tener gran cuidado en su disposición. Se producen las basuras peligrosas en cantidades grandes y son tan diversas que universalmente los métodos de la disposición aceptables tienen que ser inventados todavía. Algunos principios básicos importantes y conceptos de diseño del rellenos se resumen debajo. Se da el énfasis a la disposición de materiales peligrosos, pero también es aplicable a los rellenos sanitarios ordinarios.

3.1.3.2 Producción de Lixiviado.

Uno de los problemas de posible contaminación en los rellenos sanitarios es debido a la producción de lixiviado; con lo cual se puede ver afectado el suelo, aguas superficiales y subterráneas. Estos lixiviados se generan por agua o líquidos de la basura que ingresan a los rellenos. El problema puede ser más graves cuando los lixiviados proceden de desechos peligrosos por ser resistentes a la degradación biológica o química.

Se debe controlar el ingreso de agua a través de las capas de los desechos, también es necesario recoger los lixiviados generados y mantener sistemas de control de los mismos.

3.1.3.3 Diseño para el control de lixiviados.

La base del relleno debe actuar como un revestimiento, debe tener un mínimo de espesor y debe tener una conductividad hidráulica baja (o permeable).

Para reducir la permeabilidad del suelo del relleno se puede usar un revestimiento de suelo de barrera (arcilla), además puede colocarse una membrana sintética impermeable para formar un revestimiento compuesto.

Sobre el revestimiento compuesto debe haber una capa de drenaje para la recolección de los lixiviados del primer revestimiento(geomembrana). Sobre el primer revestimiento hay una capa de arena que sirve como capa de drenaje para la colección de lixiviados.

Las capas de drenaje, la geomembrana y el revestimiento de suelo de barrera se refiere a la colección de lixiviado y sistema de eliminación (sistema de revestimiento doble)

Después de la arena se procede a disponer la basura en celdas y una vez que las mismas están llenas se pone nuevamente un sistema de revestimiento doble.

Se coloca en la cima del relleno una capa de suelo para el crecimiento de vegetación denominado sistema de cobertura. De esta manera se controla la infiltración y se previene la erosión ; es mejor colocar césped para evitar que las raíces dañen el sistema de revestimiento.

El programa está diseñado para ejecutar el cálculo del balance de agua de rellenos que tienen hasta 20 capas, modelando cada proceso hidrológico que ocurre.

3.1.4 SECCION 3. Definiciones del programa, Opciones y limitaciones.

3.1.4.1 Introducción

El programa HELP fue desarrollado para proveer a los diseñadores de rellenos una herramienta rápida para la estimación hidrológica del mismo, incluyendo el volumen de producción de lixiviado y el espesor de suelo saturado de agua sobre el revestimiento. El resultado puede ser usado para comparar la producción potencial de lixiviado de diseños alternativos y de esta manera seleccionar y disponer el tamaño apropiado de drenaje y sistemas de colección, y disponer facilidades para el tratamiento de lixiviados.

El programa usa clima, suelo y diseña datos para generar una estimación diaria del movimiento de agua a través, dentro y fuera de rellenos. Para lograr esto y calcular el balance de agua, la precipitación diaria es dividida dentro del almacenamiento de la superficie (nieve), derretimiento de nieve, intercepción, escorrentía, infiltración, evaporación de la superficie, evapotranspiración de la superficie, almacenamiento de humedad de la superficie, goteo a través del revestimiento (percolados) y colección del drenaje lateral debajo de la superficie y sistemas de recirculación de lixiviados.

Esta sección discute nomenclatura, asunciones importantes y limitaciones, y otra información fundamental que se necesita para ejecutar el programa.

3.1.4.2 Requisitos de datos de clima .

Los datos de clima requeridos en el modelo HELP son clasificados en cuatro grupos: evapotranspiración, precipitación, temperatura, y radiación solar.

3.1.4.2.1 Datos de Evapotranspiración.

Los datos del evapotranspiración pueden ingresarse de 2 maneras:

1. La Opción de Evapotranspiración Predefinida para EE.UU.(Unidades Americanas o Métricas). Los datos necesarios para esta opción son:

- **La profundidad de la zona de evaporación:**

La profundidad de la zona de evaporación debe ser mayor que cero.

En arenas la profundidad puede ser aproximadamente 4 a 8 pulgadas, en los cienos aproximadamente 8 a 18 pulgadas, y en las arcillas aproximadamente 12 a 60 pulgadas.

- **El Índice de área máxima de hoja:**

El índice de área de hoja (LAI) está definido como la proporción del área de la hoja por donde transpira la vegetación en el área de suelo donde la vegetación está creciendo. El LAI máximo para la tierra desnuda es cero. Para una posición pobre de césped el LAI podría acercarse a 1.0; para una posición justa de césped, 2.0; para una posición buena de césped, 3.5; y para una posición excelente de césped, 5.0. Los LAI para las posiciones densas de árboles y arbusto también se acercarían a 5. El programa es insensible a los valores de 5

2. La opción Manual (Unidades Americanas o Métricas). Los datos que se necesitan para esta opción son:

- Localidad.
- Latitud.
- La profundidad de la zona de evaporación.
- El índice de área de hoja máximo.
- Datos iniciales y finales de la época de cosecha.
- Promedio anual de la velocidad del viento.
- Promedio de humedad relativa.

3.1.4.2.2 Datos de Precipitación

1. La Opción de la Precipitación predefinida para EE.UU. (las Unidades Americanas o Métricas).

2. La Opción Crear /Editar de Precipitación (las Unidades Americanas o Métricas). Bajo esta opción, el usuario puede ingresar manualmente de 1 a 100 años de datos de la precipitación diarios. Pueden ingresarse en cualquier orden, no es necesario que sean consecutivos.

El usuario puede agregar o puede anular años de datos o puede reestructurar el orden de los años de datos. Esta misma opción puede usarse para revisar los valores diarios de cualquier año de datos. Los datos requeridos son:

Uno o más años de datos de precipitación .

3.1.4.2.3 Datos de Temperatura.

1. la Opción de Temperatura Predefinida(EE.UU.).

2. La Opción Crear /Editar de Datos de temperatura (las Unidades Americanas o Métricas). Bajo esta opción, el usuario puede ingresar manualmente de 1 a 100 años de datos de

temperatura diarios. Pueden ingresarse en cualquier orden, no es necesario que sean consecutivos.

El usuario puede agregar o puede anular años de datos o puede reestructurar el orden de los años de datos. Esta misma opción puede usarse para revisar los valores diarios de cualquier año de datos. Los datos requeridos son: Uno o más años de datos de temperatura.

3.1.4.2.4 Datos de Radiación solar.

1. La Opción de la Radiación Solar sintética (EE.UU.)

2. La Opción Crear /Editar de Datos de Radiación Solar (las Unidades Americanas o Métricas). Bajo esta opción, el usuario puede ingresar manualmente de 1 a 100 años de datos de Radiación Solar diarios. Pueden ingresarse en cualquier orden, no es necesario que sean consecutivos.

El usuario puede agregar o puede anular años de datos o puede reestructurar el orden de los años de datos. Esta misma opción puede usarse para revisar los valores diarios de cualquier año de datos. Los datos requeridos son:

Uno o más años de datos de Radiación solar.

3.1.4.3 Datos de diseño y suelo.

El usuario puede entrar en los datos de suelo usando la opción de texturas de material del suelo predefinida, la opción de textura de tierra definida por el usuario, o una opción manual. Si el usuario selecciona una textura del suelo predefinida, el programa desplegará la porosidad, capacidad del campo, punto de marchitez, y la conductibilidad hidráulica. Hay 42 texturas de material de suelo de valor predeterminado. Si las texturas de la tierra definidas por el usuario son seleccionadas, el programa desplegará la porosidad, capacidad del campo, punto de marchitez, y conductibilidad hidráulica del suelo seleccionada por el usuario. En la opción de textura de suelo manual, el usuario debe especificar los valores por los parámetros del suelo. Los requisitos de los datos Generales para todas las opciones se listan debajo.

3.1.4.3.1 Información general del relleno.

1. El título del proyecto

2. El área del relleno (Unidades americanas o S. Métrico)

3. El porcentaje de área del relleno dónde la esorrentía es posible

4. El método de inicialización de almacenamiento de humedad (especificado por el usuario o inicializado por el programa.

3.1.4.3.2 Datos de la cobertura.

1. El tipo de la cobertura (se permiten Cuatro tipos de capas: 1) la coladura vertical, 2) el drenaje lateral, 3) el revestimiento de suelo de barrera y 4) el revestimiento de geomembrana.)
2. El espesor de la capa (Unidades Americanas o Métrico)
3. La textura del suelo

Seleccione de 42 texturas de material del suelo de valor predeterminado para conseguir los datos lo siguiente:

- La porosidad, en el Vol. / Vol.
- La capacidad del campo, en el Vol. / Vol.
- El punto de marchitez, en el Vol. / Vol.
- La conductibilidad hidráulica saturada (cm / sec)

Los mismos datos se utilizan para la opción de texturas de material del suelo predefinida, la opción de textura de tierra definida por el usuario, o una opción manual.

4. El Contenido volumétrico inicial de agua en el suelo(almacenamiento), en Vol. / Vol. (opcional, se necesita cuando el almacenamiento inicial de humedad es especificado por el usuario.

3.1.4.3.3 Diseño de datos de la Capa de drenaje lateral.

1. La longitud de drenaje máxima (Americanas o Métrico)
2. La pendiente de drenaje, en porcentaje.
3. El porcentaje de recirculación de lixiviados.
4. La capa de drenaje para recibir el lixiviado recirculado.

3.1.4.3.4 Datos de Revestimiento de Geomembrana

1. La densidad del agujero de la geomembrana (Americana o Métrico)
2. Defectos de instalación de la geomembrana. (Americana o Métrico)
3. Calidad de colocación de la geomembrana. (seis opciones disponibles)
4. Conductividad hidráulica en la geomembrana. cm /sec
5. Transmisibilidad del geotextil cm²/sec (opcional , cuando se ha colocado geomembrana.)

3.1.4.3.5 Información del número de Curva de Escorrentía. Tres métodos están disponibles para definir el número de curva de escurrimiento.

1. El número de la curva especificado por el usuario sin la modificación
2. El número de la curva especificado por el usuario modificado para la pendiente de la superficie y longitud de la pendiente.
3. Número de la curva calculado por programa HELP basado en la superficie y longitud de la pendiente, la textura de la tierra predefinida, y cantidad de cobertura vegetativa.

3.1.4.4 Perfil del relleno y descripciones de las Capas.

El programa HELP puede usarse para modelar los rellenos de hasta veinte capas de materiales de suelos, geotextiles, basuras u otros materiales. El programa reconoce cuatro tipos generales de capas.

1. Las capas de coladuras verticales.
2. Las capas de drenaje laterales.
3. Los revestimientos de suelo de barrera.
4. Los revestimientos de Geomembrana.

Debe notarse que la clasificación correcta de capas es muy importante porque el programa modela el flujo de agua a través de los cuatro tipos de capas de manera diferente.

La pendiente máxima para una sección de puede ir de 0 a 50 por ciento

Para las pendientes menores de 10 por ciento, la diferencia es despreciable. La longitud del drenaje debe ser mayor que cero pero no tiene un límite superior práctico. La recirculación se permite de las capas de drenaje lateral directamente sobre un revestimiento donde de 0 a 100 por ciento del drenaje coleccionado puede recircularse y puede redistribuirse en una coladura vertical especificada por el usuario o la capa de drenaje lateral.

Mientras el programa HELP es bastante flexible, hay algunas reglas básicas que deben seguirse con respecto al arreglo de capas en el perfil.

1. Una capa de la coladura vertical no puede estar debajo de una capa del drenaje lateral.
2. Un revestimiento de suelo de barrera no puede estar debajo de otro revestimiento de suelo de barrera.

3. Un revestimiento de geomembrana no puede ponerse directamente entre dos revestimientos de suelo de barrera.
4. Un revestimiento de geomembrana no puede estar debajo de otro revestimiento de geomembrana.
5. Un revestimiento de suelo de barrera no puede ponerse directamente entre dos revestimientos de geomembrana.
6. Cuando un revestimiento de suelo de barrera o un revestimiento de geomembrana no se pone directamente debajo de la capa de drenaje más baja, se tratan todas las capas del drenaje debajo del revestimiento como las capas de la coladura verticales. Así, ningún drenaje lateral se calcula para la sección del fondo del relleno.
7. La capa superior no puede ser un revestimiento de suelo de barrera.
8. La capa superior no puede ser un revestimiento de geomembrana.
9. El perfil no puede contener más de cinco revestimientos de suelo de barrera y geomembrana.

3.1.4.5 Características del suelo.

El usuario puede asignar las características de suelo predefinido. Los tipos de textura de suelo son clasificados según dos sistemas normales: el Departamento Americano de Agricultura(el Sistema de la Clasificación Textural) y el Sistema de Clasificación de Tierra Unificado. Ver ANEXO 2; cuadro 15.

Cuando un tipo de suelo predefinido se usa para describir la capa de suelo de cobertura, el programa ajusta las conductibilidades hidráulicas saturadas de los suelos.

El valor de conductibilidad hidráulica saturada se multiplica por un factor empírico que se calcula como una función del índice de área de hoja máximo especificado por el usuario.

La opción manual requiere los valores de la porosidad, capacidad de campo, punto de marchitez, y la conductibilidad hidráulica saturada. Éstos y las propiedades del suelo relacionadas están definidas debajo.

- Almacenamiento de agua en el suelo(contenido volumétrico): el radio de volumen de agua en el suelo.
- Porosidad total: almacenamiento de agua en el suelo / contenido volumétrico de saturación (fracción del volumen total).
- Capacidad de Campo: el almacenamiento de agua en el suelo / contenido volumétrico después de un periodo prolongado.

- Punto de marchitez: el menor almacenamiento de agua en el suelo / contenido de volumen que puede ser logrado.
- Conductividad hidráulica saturada: el rango donde el agua drena a través de un suelo saturado bajo una unidad de gradiente de presión.

La porosidad, capacidad del campo y el punto de marchitez son todos los números entre 0 y 1. La Porosidad debe ser mayor que la capacidad de campo que a su vez debe ser mayor que el punto de marchitez. El punto de marchitez debe ser mayor que cero. Los valores para la porosidad, capacidad de campo y el punto de marchitez no se usan para los revestimientos, excepto para inicializar el almacenamiento de agua en el suelo del revestimiento para el valor de porosidad.

El usuario HELP tiene la opción de especificar el volumen inicial de almacenamiento de agua (contenido) de las capas excepto de los revestimientos. Se asume que los revestimientos permanecen saturados todo el tiempo. Si el usuario elige no especificar el contenido inicial de agua, el programa estima un valor cerca al estado estacionario y el programa corre un año de inicialización para perfeccionar la estimación antes de empezar la simulación.

El grado hidrométrico inicial de desechos sólidos municipales es una función de la composición de la basura; los valores informados para el rango de basuras frescas es de aproximadamente 0.08 a 0.20 Vol. / Vol. El valor medio es aproximadamente 0.12 Vol. / Vol. para la desechos sólidos municipales compactados.

3.1.4.6 Características de Geomembrana.

El usuario puede asignar las características de revestimiento de geomembrana (vapor de difusión / conductividad hidráulica saturada) a una capa que usa la opción predefinida, la opción de suelo definida por el usuario, o la opción manual. La conductibilidad hidráulica saturada para geomembranas está definida por lo que se refiere a su equivalencia al vapor de difusión.

La porosidad, la capacidad del campo, punto de marchitez y contenido inicial de humedad no se necesitan para las geomembranas. Hay características predefinidas para 12 revestimientos de geomembrana. (Ver ANEXO 2; cuadro 16). El usuario asigna las características de la tierra predefinida para una capa especificando el número apropiado de textura de geomembrana. La opción definida por el usuario acepta las características de geomembrana para las capas de

texturas mayores a 42. Pueden asignarse las características de geomembrana manuales a cualquier textura mayor a 42.

El programa también requiere los valores de los siguientes parámetros:

- Espesor de la geomembrana.
- Densidad del agujero: el número de defectos (diámetro del agujero igual o menor que el resultado general de defectos de manufactura como deficiencias de polimerización.
- Densidad de defecto de instalación: Número de defectos (diámetro del agujero más grande que el primario debido al arreglo de averías y perforaciones durante la instalación.
- Calidad de colocación de la geomembrana: Existen 6 calidades de colocación.
- Transmisibilidad de geotextiles: el producto de la conductividad hidráulica saturada en plano y el espesor del geotextil.

La densidad de los agujeros y los defectos de instalación es un tema de especulación, lo ideal sería que las geomembranas no tuvieran ningún defecto, si existiera alguno durante la construcción, los defectos deben ser reparados. Sin embargo las geomembranas suelen gotear y por lo tanto hay que estimar razonablemente las densidades del defecto y se deben especificar para determinar las cantidades máximas de goteo.

Las geomembranas típicas pueden tener aproximadamente entre 0.5 a 1 agujeros por acre (1 a 2 agujeros de alfiler por hectárea) de los defectos industriales. La densidad de defectos de la instalación es función de la calidad de instalación, comprobación, materiales, preparación de la superficie y equipo. Las densidades de defecto de instalación representativas como una función de la calidad de instalación se dan debajo. Las estimaciones son basadas en los datos limitados pero son característicos de las recomendaciones proporcionadas en la literatura.

Calidad de Instalación.	Densidad de defecto. (# por acre)	Frecuencia (porcentaje)
Excelente	Mayor a 1	10
Bueno	1 a 4	40
Mediano	4 a 10	40
Pobre	10 a 20	10

Cuadro 4. Características de la geomembrana.

FUENTE : Manual de usuario HELP.

* Se han informado las densidades del defecto superiores para los rellenos más viejos con los funcionamientos de la instalación y materiales pobres; sin embargo, estas densidades altas no son características de la práctica moderna.

El usuario también debe ingresar la calidad de la colocación de la geomembrana si se informan agujeros de alfiler o defectos de la instalación. Hay seis posibles alternativas de ingreso para la calidad de colocación de geomembrana. El programa selecciona qué ecuación se usará para calcular la geomembrana basado en la calidad de colocación especificada y la conductibilidad hidráulica saturada del suelo con la permeabilidad más baja.(drenaje que limita el suelo) adyacente a la geomembrana.

El programa tiene las ecuaciones diferentes para tres rangos de conductibilidad hidráulica saturada: mayor que o iguala a 0.1 cm / sec; menor de 0.1 y mayor que o iguala a 0.0001 cm /sec; y menor que 0.0001 cm / sec.

1. Perfecto: Asume el contacto perfecto entre la geomembrana y el suelo adyacente que limita la proporción del drenaje
2. Excelente: Asume el contacto excepcional entre la geomembrana y el suelo adyacente que limitan la proporción del drenaje (típicamente logable sólo en el laboratorio).
3. Bueno: Asume la instalación de campo buena, control de la superficie de suelo liso y las arrugas de la geomembrana para asegurar el contacto bueno entre la geomembrana y el suelo adyacente que limita la proporción del drenaje.
4. Pobre: Asume la instalación del campo pobre con una superficie del suelo no tan bien preparada y / o arrugas en la geomembrana que proporciona el contacto pobre entre la geomembrana y el suelo adyacente que limitan la proporción del drenaje, resultando un hueco más grande y un goteo mayor.
5. El peor Caso: Asume que el contacto entre la geomembrana y el suelo adyacente no limita la proporción del drenaje, resultando en un rango de goteo controlado sólo en un agujero.
6. Geotextil separa la geomembrana y limita el drenaje del suelo: Asume que el goteo es controlado por la transmisibilidad en plano del geotextil que separa la geomembrana y la capa de suelo adyacente que habrían limitado el drenaje por otra parte. Esta calidad normalmente no usaría un revestimiento geosintético de arcilla como la capa de revestimiento del suelo.

3.1.4.7 Características del sitio.

En la Versión 3 del modelo HELP , hay tres opciones diferentes para obtener el número de la curva.

1. Número de la curva definido por el usuario
2. Número de la curva definido por el usuario y modificado según la pendiente de la superficie y longitud de la pendiente del relleno.
3. Número de la curva calculado por el modelo HELP basado en la pendiente de superficie de relleno, longitud de la pendiente, la textura del suelo de la capa de la superficie superior, y la cubierta vegetativa.

Dos de las opciones responden a la pendiente de la superficie. La correlación entre las condiciones de la pendiente de superficie y número de la curva se desarrolló para pendientes que van de 1 por ciento hasta 50 por ciento y para longitudes de pendiente que van de 50 pies a 2000 pies.

3.1.4.8 Apreciación global del procedimiento del diseño.

El proceso hidrológico modelado por el programa puede ser dividido en 2 categorías: Procesos de la superficie y procesos por debajo de la superficie.

Los procesos diseñados en la superficie son: derretimiento de la nieve, intercepción de la lluvia por la vegetación, escorrentía superficial, y evaporación de la superficie.

Los procesos debajo de la superficie son evaporación del perfil del suelo, transpiración de la planta, drenaje vertical no saturado, revestimiento de suelo de barrera, goteo de la geomembrana y drenaje lateral saturado.

La infiltración diaria dentro del relleno es determinada indirectamente del balance de superficie de agua. La infiltración se asume que es igual a la suma de la lluvia, almacenamiento de la superficie y derretimiento de nieve menos la suma de escorrentía, almacenamiento adicional de la masa de nieve y evaporación del agua de la superficie.

El agua no líquida se asume que es sostenida en el almacenamiento de la superficie de un día al siguiente excepto en la masa de nieve o cuando la cima del suelo es saturada y la escorrentía no es permitida.

Cada día, el agua disponible por infiltración, escorrentía o evaporación de agua sobre la superficie es determinada del almacenamiento de agua en la superficie, la descarga de la masa de nieve y o la lluvia. La nevada es añadida a la superficie de almacenamiento de nieve el cual es agotado por la evaporación o el derretimiento.

El derretimiento de la nieve es añadido al agua disponible y es tratado como lluvia excepto que este no es interceptado por la vegetación. Esta agua disponible es usada para calcular la escorrentía por el modelo SCS relación lluvia- escorrentía.

La intercepción es la medida del agua disponible para evaporarse de la superficie.

El derretimiento de la nieve y la lluvia que no escurre o evapora se asume que se infiltra dentro y a lo largo del relleno.

El diseño del crecimiento vegetativo considera el crecimiento diario y la marchitez de la vegetación de la superficie.

3.1.5 SECCION 4. Asunciones y limitaciones.(Ver capítulo 2)

3.1.5.1 Ingreso al Programa

Los procesos y opciones disponibles para ingresar los datos, ejecutar el diseño, y obtener resultados son descritos en detalle en el mensaje de ayuda F1 a través del programa y en la Sección 4 de la guía publicada para el usuario. Se incluye información general de entrada, algunas definiciones y reglas, la estructura del programa, la explicación detallada de las opciones alcanzadas del menú principal.

La guía se da para seleccionar los valores más apropiados en determinadas situaciones, pero el principal propósito de esta sección es describir los mecanismos de uso del usuario de interfase. Una Guía detallada sobre las definiciones de ingreso de parámetros y selección de sus valores son presentadas en la Sección 3 y en el mensaje de ayuda de F2 a través del programa.

La Guía sobre el uso de las teclas para seleccionar opciones, se realiza a través del programa y de todos los datos que se proveen en el mensaje de ayuda F3

La Versión 3 del programa HELP empieza tecleando “HELP 3” del DOS en el directorio donde se encuentra el programa. El programa empieza mostrando una pantalla con el título, el prefacio, nota aclaratoria y después el menú principal.

El usuario se mueve de la pantalla del título al menú principal con cualquier tecla así como la barra de espacio.

Para llegar al menú principal, el usuario puede seleccionar cualquiera de las 7 opciones. El programa automáticamente solicita el ingreso del usuario basado en la opción seleccionada.

En general el modelo HELP requiere de los siguientes datos, alguno de los cuales pueden ser seleccionados del valor predefinido.

1. Unidades.
2. Ubicación.
3. Nombre de archivos de datos de Clima.
4. Información de evapotranspiración.
5. Datos de precipitación
6. Datos de temperatura.
7. Datos de radiación solar.
8. Nombre de archivo de datos de diseño y Suelo. Información general del relleno y del sitio.
9. Datos del perfil del relleno y suelo, desechos, geomembrana.
10. Información del número de curva de escorrentía (SCS).

3.1.5.2 Definiciones y reglas.

Existe pocas reglas fundamentales respecto de la facilidad de ingreso que el usuario debe tener en mente cuando usa el programa. Estas reglas deben ser seguidas para moverse alrededor de las pantallas y para moverse dentro de la misma pantalla. Algunas definiciones y reglas se encuentra a continuación.

1. Pantallas: Una pantalla dentro del usuario de interfase HELP es usada en este reporte como una pantalla de información. Estas pantallas están divididas en 3:
 - Ingreso a la Pantalla: Una pantalla sobre la cuál el usuario puede ingresar datos.

- Selección de la Pantalla: Una pantalla de la cuál el usuario selecciona y entra a una lista.
- Pantalla de ayuda en línea.: Una pantalla donde se proporciona asistencia general sobre la interfase, presionando la tecla F1, Asistencia técnica presionando F2 y la tecla de operación presionando F3.

Esta terminología es usada a través de esta sección. Cada módulo consiste en 2 tipos de pantallas: La primaria y la secundaria.

Las pantallas primarias son pantallas principales para cada opción de HELP. Las pantallas secundarias son desplegadas de las pantallas primarias como parte del proceso de entrada. Estas pantallas pueden ser ingresadas o seleccionar pantallas.

2. Ingreso a las Celdas: Cuando el programa resalta un número de espacios (llamados celda de ingreso a través de esta sección), se espera un ingreso del usuario.

En cualquier celda de entrada, el usuario tiene una de varias opciones:

- Ingresar datos requeridos, aceptar valores existentes, mirar la ayuda en línea o seleccionar uno de los temas listados en el menú del fondo de la pantalla.
- Cada celda es asociada con una variable que es usada directa o indirectamente en el modelo HELP. Por consiguiente cada esfuerzo debe hacerse asignando un valor para cada celda cuando aplique. El usuario puede ingresar el valor la primera vez, o regresar a la celda más tarde durante la sesión del programa. Si un ingreso a la celda queda en blanco, se va a asignar un valor de cero correspondiente a la variable. Si cero no es una respuesta apropiada, se va a producir un error en el resultado. El programa advertirá al usuario cuando un espacio en blanco o el cero es un valor inapropiado.
- No se requiere los puntos decimales en la entrada porque el programa sabe automáticamente si debe tratar un valor como un entero o fraccionario. Por ejemplo, si el usuario desea ingresar el número 9, o 9,9 o 9.00 es aceptable, con tal que la celda sea suficientemente amplia.

3. Celdas de selección: Estas celdas son usadas para seleccionar de una lista de opciones. Las celdas de selección resaltan un tema en un momento. Un tema / opción debe ser resaltado antes que este sea seleccionado. La selección se realiza presionando la tecla enter.

4. Movimiento entre celdas: El usuario puede moverse de una pantalla de entrada a otra, presionando la tecla Page Down para la siguiente pantalla o la tecla Page Up para la pantalla previa regresando a la pantalla primaria y secundaria. El ingreso a las pantallas son dispuestas en un formato como este: si se presiona la tecla Page Down del último ingreso a la pantalla, el control va a regresar a la primera pantalla y viceversa. Se usan las flechas arriba y abajo para moverse a través de las celdas de la pantalla.

Las teclas Tab Shift pueden ser usadas para moverse a la derecha o a la izquierda respectivamente.

Además las flechas derecha e izquierda pueden usarse para moverse entre la celda seleccionada que está localizada en la misma línea.

5. Moverse dentro de la celda de entrada. Cada celda de entrada se pone a una anchura dada que depende del tipo de información que se ingresa en la celda. El cursor se localizará inicialmente en el primer espacio de la celda. Pueden usarse las flechas izquierda y derecha para mover el cursor a los espacios diferentes dentro de la celda. Si un valor se teclea en el primer espacio de la celda, los contenidos de la celda pueden ser borrados. Para borrar un caracter, mueva el cursor donde está localizado el caracter y presione la tecla para borrar, o mueva el cursor al espacio que está al lado derecho del caracter y presione la tecla para retroceder. Un caracter puede insertarse entre los caracteres en una celda de entrada moviendo el cursor a la posición deseada y presionando la tecla Insert. La tecla Insert cambiará todos los caracteres que están al derecho de la primera posición del cursor.
6. Terminado. A cualquier tiempo durante la sesión, el usuario puede presionar la tecla para salir sin guardar ningún cambio, regresar al menú principal y salir del programa. La tecla Esc va a finalizar alguna opción y permite seguir con otras operaciones.
La tecla es usada para guardar datos. Si el usuario termina la ejecución con ctrl.-Alt, resetiando o apagando la computadora, el usuario impide que se termine la ejecución y de esta manera se puede perder alguna información.
7. Ayuda en línea. La ayuda en línea está disponible para el usuario en cualquier lugar de la pantalla que este localizado. Presionando F1 se despliega información sobre las operaciones y presionando F2 se despliega asistencia técnica. La tecla F3 da información del uso de varias teclas

8. Sistema de Unidades. Para el uso del programa HELP se necesitan seleccionar un sistema de unidades. HELP permite el uso de unidades Americanas (EEUU), una mezcla de unidades americanas y el sistema métrico, o las unidades del sistema métrico. El usuario no tiene restricciones para usar el mismo sistema para todos los tipos de datos; por ejemplo los datos de suelo pueden estar en un sistema de unidades y los datos de clima pueden estar en otro sistema. Además no es necesario para todos los tipos de datos de clima usar la misma unidad.

La consistencia de unidades es requerida sólo dentro de cada tipo de datos.

3.1.5.3 Estructura del programa.

La facilidad de entrada al programa puede compararse con la estructura de un árbol. La estructura del árbol consiste en nodos dónde se empiezan nuevas ramas del árbol. El primer nodo se llama tronco, raíz o nodo del padre, y los nodos terminales del árbol son las hojas. Todos los componentes (los nodos) de la estructura del árbol en el modelo HELP son pantallas que tienen diferentes funciones definidas previamente, con el nodo del tronco que es el Menú Principal. Durante una sesión de entrada, el usuario debe alcanzar el nodo de la hoja si todos los datos para una rama dada (el módulo) son ingresados. Algunos de los nodos (las pantallas) son comúnmente más de una rama. El usuario debe regresar al nodo dónde la rama empezó para ir a otra rama. Estos movimientos pueden lograrse con las teclas especiales como Page Up, Page Down, F9, F10, etc.

3.1.5.4 El Menú Principal.

Cuando el programa empieza, el menú principal se despliega.

La selección del menú principal se hace moviendo el cursor al módulo deseado o apretando el número de esa opción. Una vez realizada la selección, el programa controla la transferencia dentro de un ambiente específico de esa opción y no puede transferirse a otra opción del menú principal sin salir de ese ambiente al menú principal. Una breve descripción de cada opción del menú principal se presenta debajo. Más detalles se dan en la siguiente sección sobre requerimientos específicos de datos para cada opción.

Opción 1 del menú principal es “Entrar / editar los datos de Clima”. Este módulo permite al usuario leer archivos de datos de evapotranspiración, precipitación, temperatura y radiación Solar y después revisar, editar, y guardar datos o crear nuevos archivos.

Existen 4 pantallas primarias en este módulo; ellas son: una pantalla para seleccionar archivos, una pantalla de datos de evapotranspiración, una pantalla que controla el método usado para especificar precipitación, datos de temperatura y radiación solar y una pantalla para guardar los archivos de datos de clima.

Varias opciones están disponibles para especificar precipitación, temperatura y datos de las radiaciones solar.

La Opción 2 del menú principal es “ entrar / editar Datos de diseño y suelo. Este módulo le permite al usuario leer archivos de suelo ya existentes y diseñar un archivo de datos y después revisar, editar, guardar o crear nuevo archivos de datos.

Hay ocho pantallas primarias en el modulo de datos de suelo; ellos son : una pantalla de selección de archivo, una pantalla de información general de un relleno, tres pantallas para ingresar datos de suelo y revestimiento de geomembrana por capas, una pantalla para ingresar el número de curva de escorrentía, una pantalla de verificación de datos y una pantalla para guardar los archivos de datos de suelo. La entrada a pantallas asociadas con este módulo proveen celdas para ingresar el título del proyecto; sistema de unidades; condiciones iniciales del suelo, área del relleno, información del diseño de capas como el tipo de capa, espesor, textura del suelo, características de drenaje, información del revestimiento de geomembrana, información de la curva de escorrentía incluyendo la habilidad para ajustar la curva como una función de la pendiente y la longitud. Al final de este módulo el usuario puede requerir de un chequeo de datos por una posible violación a las reglas mencionadas en la sección 3.

Bajo este módulo el modelo HELP verifica el diseño de datos de las propiedades de suelo y revestimiento de geomembrana y arreglos de capas.

Opción 3 del menú principal es “ Ejecución de la simulación” En esta opción el usuario define archivos de datos para ser usados en la ejecución de la simulación del programa HELP y selecciona la frecuencia de resultados y la duración deseada de la simulación. En esta opción el usuario puede también ver la lista de archivos disponibles y puede seleccionar los archivos de esa lista.

La Opción 4 del menú principal es “Revisión de resultados” Esta opción permite al usuario ojear el archivo de salida para examinar los resultados de la ejecución del programa.

Opción 5 es “ Imprimir los resultados”.

La Opción 6 es “ Desplegar una Guía” de los procedimientos de diseño general del relleno en el modelo HELP, que contienen gran parte del texto de esta guía de usuario.

Finalmente, *la Opción 7* es para “ Salir” del programa HELP y regresar al DOS.

3.2 Pruebas de Simulación. (Datos hipotéticos)

Prueba 1: Relleno Sanitario de Tumbaco.

Nota: Contenido de humedad inicial de las capas y de agua de nieve fueron calculados con valores cercanos al valor estacionario por el programa.

CAPA 1

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 27

Espesor	60 cm
Porosidad	0,4000 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,3660 Vol. / Vol.
Punto de marchitez	0,2880 Vol. / Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2880 Vol. / Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,779999993000 * 10^{-6}$ cm /seg.

Nota: La Conductividad hidráulica Saturada multiplicado por 5,00 para los canales de las raíces en la parte media superior de la zona de evaporación

CAPA 2

Tipo 2 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 4

Espesor	30 cm
Porosidad	0,4370 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1050 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0470 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,0760 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,177000000 * 10^{-2}$ cm /seg.
Pendiente	2 %
Largo del drenaje	100m

CAPA 3

Tipo 3- Revestimiento de suelo de barrera

Numero de textura del material 27

Espesor	20cm
Porosidad	0,4000 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,3660 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,2880 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2880 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,779999993000 \times 10^{-6}$ cm /seg.

CAPA 4

Tipo 4- Geomembrana.

Numero de textura del material 35

Espesor	0,15cm
Porosidad	0,0000 Vol. /Vol.
Capacidad de campo	0,0000 Vol. /Vol.
Punto de Marchitez	0,0000 Vol. /Vol.
Contenido inicial de agua en el suelo	0,0000 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,199999996000 \times 10^{-12}$ cm /seg.
Densidad de agujeros(agujeros /ha)	1,00
Defecto de Instalación(agujeros /ha.)	2,00
Calidad de Colocado	1- Perfecto

Diseño general y datos zona de evaporación.

Nota: El Número de Curva SCS de Escorrentía fue calculado de la base de datos históricos del suelo usando una textura # 27 para una condición excelente de Pasto, una pendiente de superficie de 2 % y un largo de la pendiente de 100m.

Número de Curva de escorrentía	83,90
Fracción de Área que permite la escorrentía.	100
Área. (ha) proyectada en un plano horizontal	3,0000
Profundidad de la zona de Evaporación.	90,00 cm
Agua inicial en zona de evaporación.	19,560 cm
Lím. Superior de almacenaje de Evaporación.	37,110 cm
Lím. Más bajo de Almacenamiento de Evaporación.	18,690 cm
Agua inicial en capas de materiales	27,560 cm
Agua inicial total	27,560 cm
Influjo Subterráneo Total.	0,00 mm/ año.

Datos de evapotranspiración y clima.

Los datos de evapotranspiración se obtuvieron de:

Latitud de la estación	0,12 °
Índice de área máxima de hoja	5,00
Inicio de la cosecha	295
Final de la cosecha	125
Profundidad de la zona de Evaporación.	35,4 Pulgadas
Promedio anual velocidad del viento.	100 MPH.
Humedad Relativa promedio Enero-marzo.	80,00%
Humedad Relativa promedio Abril-Junio.	73,00%
Humedad Relativa promedio Julio-Septiembre.	62,00%
Humedad Relativa promedio Octubre-Diciembre.	83,00%

Nota: Los datos de precipitación, temperatura y Radiación solar para Tumbaco - Ecuador fue ingresado por el usuario.

RESULTADOS:

Total anual para el año 1992.

	mm	m ³	%
Precipitación	542,20	16266,001	100.00
Escorrentía.	535,830	16074.888	98.83
Evapotranspiración.	6,315	189,464	1,16
Drenaje Recogido de la Capa 2.	0,0258	0,775	0,00
Percolación a través de la capa 4.	0,000423	0,013	0,00
Carga promedio sobre la capa 3	0,1207	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,029	0,00	0,00
Agua del suelo al inicio del año.	275,598	8268,802	0,00
Agua del suelo al final del año.	275,627	8268,802	0,00
Balance de Inventario de Agua anual.	0,00	0,00	0,00

Total anual para el año 1996.

	Mm	m ³	%
Precipitación.	866,60	25998,000	100,00
Escorrentía.	853,637	25998,000	100,00
Evapotranspiración.	12,896	386,871	1,49
Drenaje Recogido de la Capa 2.	0.054	1,362	0,01
Percolación a través de la capa 4.	0,000428	0,013	0,00
Carga promedio sobre la capa 3	0,2122	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,022	0,650	0,00
Agua del suelo al inicio del año.	275,627	8269,802	0,00
Agua del suelo al final del año.	275,648	8269,452	0,00
Balance de Inv anual de agua.	0,0000	0,01	0,00

Promedios Anuales y (Desviación estándar) para los años 1992 a 1996

	mm	m ³	%
Precipitación.	704,40 (229,385)	21132,0	100,00
Escorrentía.	694,733(223,7236)	20841,99	98,628
Evapotranspiración.	9,606 (4,6529)	288,17	1,364
Drenaje Recogido de la Capa 2.	0,03562 (0,01385)	1,069	0,00506
Precolación a través de la capa 4.	0,00043 (0,00000)	0,013	0,00006
Carga promedio sobre la capa 3	0,166 (0,065)	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,025 (0,0002)	0,76	0,004

Valor Pico diario para los años 1992 a 1996.

	mm	m ³
Precipitación.	866,60	25998.00
Escorrentía.	853,637	25609,1016
Drenaje Recogido de la Capa 2.	0,00017	0,00507
Percolación a través de la capa 4.	0,000001	0,00004
Carga promedio sobre la capa 3	0,288	0,00
Carga máxima sobre la capa 3	0,603	0,00

Posición de la carga máx. en la capa 2	0,00 m
Distancia al drenaje.	
Agua del Suelo con Vegetación máx.(Vol. / Vol.)	0,2242
Agua del suelo con vegetación mín.(Vol. / Vol.)	0,2173

Cantidad de Agua Almacenada al Final del año 1996.

Capa	(cm)	(Vol. /Vol.)
1	17,2800	0,2880
2	2,2850	0,0762
3	8,0000	0,4000
4	0,0000	0,0000

Prueba 2: Relleno Sanitario de Puembo.

Nota: Contenido de humedad inicial de las capas y de agua de nieve fueron calculados con valores cercanos al valor estacionario por el programa.

CAPA 1

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 4

Espesor	10 cm
Porosidad	0,4370 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1050 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0470 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,0470 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,770000002000 \cdot 10^{-2} \text{ cm/seg.}$

Nota: La Conductividad hidráulica Saturada multiplicado por 1,80 para los canales de las raíces en la parte media superior de la zona de evaporación

CAPA 2

Tipo 2 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 4

Espesor	8 cm
Porosidad	0,4370 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1050 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0470 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,0760 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,177000000 \cdot 10^{-2} \text{ cm /seg.}$
Pendiente	50 %
Largo del drenaje	80,0m

CAPA 3

Tipo 3- Revestimiento de suelo de barrera

Numero de textura del material 27

Espesor	2 cm
Porosidad	0,4000 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,3660 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,2880 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4000Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,779999993000 \times 10^{-6}$ cm /seg.

CAPA 4

Tipo 4- Geomembrana.

Numero de textura del material 35

Espesor	0,15cm
Porosidad	0,0000 Vol. /Vol.
Capacidad de campo	0,0000 Vol. /Vol.
Punto de Marchitez	0,0000 Vol. /Vol.
Contenido inicial de agua en el suelo	0,0000 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,199999996000 \times 10^{-12}$ cm /seg.
Densidad de agujeros(agujeros /ha)	15,00
Defecto de Instalación(agujeros /ha.)	20,00
Calidad de Colocado	4- Pobre.

Diseño general y datos zona de evaporación.

Nota: El Número de Curva SCS de Escorrentía fue calculado de la base de datos históricos del suelo usando una textura # 4 para una condición de suelo sin Pasto, una pendiente de superficie de 50 % y un largo de la pendiente de 90m.

Número de Curva de escorrentía	82,70
Fracción de Área que permite la escorrentía.	10,0
Área. (ha) proyectada en un plano horizontal	2,0000
Profundidad de la zona de Evaporación.	10,2 cm
Agua inicial en zona de evaporación.	0,478 cm
Lím. Superior de almacenaje de Evaporación.	4,440 cm
Lím. Más bajo de Almacenamiento de Evaporación.	0,478 cm
Agua inicial en capas de materiales	2,101cm
Agua inicial total	2,101 cm
Influjo Subterráneo Total.	0,00 mm/ año.

Datos de evapotranspiración y clima.

Los datos de evapotranspiración se obtuvieron de:

Latitud de la estación	0,10 °
Índice de área máxima de hoja	1,00
Inicio de la cosecha	280
Final de la cosecha	115
Profundidad de la zona de Evaporación.	4,0 Pulgadas
Promedio anual velocidad del viento.	180,00 MPH.
Humedad Relativa promedio Enero-marzo.	87,00%
Humedad Relativa promedio Abril-Junio.	76,00%
Humedad Relativa promedio Julio-Septiembre.	65,00%
Humedad Relativa promedio Octubre-Diciembre.	81,00%

Nota: Los datos de precipitación, temperatura y Radiación solar para Tumbaco - Ecuador fue ingresado por el usuario

RESULTADOS:**Total anual para el año 1992.**

	mm	m ³	%
Precipitación	424,7,20	8494,000	100.00
Escorrentía.	226,894	4537,872	53,42
Evapotranspiración.	105,412	2108,235	24,82
Drenaje Recogido de la Capa 2.	90,5544	1811,087	21,32
Percolación a través de la capa 4.	1,840249	36,805	0,43
Carga promedio sobre la capa 3	15,0619	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,000	0,000	0,00
Agua del suelo al inicio del año.	21,007	420,133	0,00
Agua del suelo al final del año.	21,007	420,133	0,00
Balance de Inventario de Agua anual.	0,00	0,00	0,00

Total anual para el año 1996.

	mm	m ³	%
Precipitación.	610,10	12201,999	100,00
Escorrentía.	385,245	7664,903	62,82
Evapotranspiración.	123,200	2464,001	20,19
Drenaje Recogido de la Capa 2.	101,6476	2032,952	16,66
Percolación a través de la capa 4.	2,007073	40,141	0,33
Carga promedio sobre la capa 3	16,7550	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,00	0,000	0,00
Agua del suelo al inicio del año.	21,007	420,133	0,00
Agua del suelo al final del año.	21,007	420,133	0,00
Balance de Inv. anual de agua.	0,0000	0,001	0,00

Promedios Anuales y (Desviación estándar) para los años 1992 a 1996.

	mm	m³	%
Precipitación.	517,40 (131,097)	10348,0	100,00
Escorrentía.	305,069 (110,5572)	6101,39	58,962
Evapotranspiración.	114,306 (12,5782)	2286,12	22,092
Drenaje Recogido de la Capa 2.	96,10100 (7,84413)	1922,020	18,57383
Percolación a través de la capa 4.	1,92366 (0,11796)	38,473	0,37179
Carga promedio sobre la capa 3	15,908 (1,197)	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,000 (0,0000)	0,00	0,000

Valor Pico diario para los años 1992 a 1996.

	mm	m³
Precipitación.	610,10	12202,00
Escorrentía.	96,499	1929,9744
Drenaje Recogido de la Capa 2.	3,23910	64,78196
Percolación a través de la capa 4.	0,048916	0,97832
Carga promedio sobre la capa 3	179,995	0,00
Carga máxima sobre la capa 3	348,449	0,00

Posición de la carga máx. en la capa 2	0,00 m
Distancia al drenaje.	
Agua del Suelo con Vegetación máx.(Vol. / Vol.)	0,4370
Agua del suelo con vegetación mín.(Vol. / Vol.)	0,0470

Cantidad de Agua Almacenada al Final del año 1996.

Capa	(cm)	(Vol. /Vol.)
1	0,4700	0,0470
2	0,8307	0,1038
3	0,8000	0,4000
4	0,0000	0,0000

Prueba 3: Relleno Sanitario de Ambato.

Nota: Contenido de humedad inicial de las capas y de agua de nieve fueron calculados con valores cercanos al valor estacionario por el programa.

CAPA 1

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 10

Espesor	40 cm
Porosidad	0,3980 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2440 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1360 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,1617Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,119999997000 \cdot 10^{-3}$ cm/seg.

Nota: La Conductividad hidráulica Saturada multiplicado por 3,00 para los canales de las raíces en la parte media superior de la zona de evaporación

CAPA 2

Tipo 2 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 3

Espesor	8 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,830 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0330 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,0830 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,310000009000 \cdot 10^{-2}$ cm /seg.
Pendiente	3 %
Largo del drenaje	180,0m

CAPA 3

Tipo 3- Revestimiento de suelo de barrera

Numero de textura del material 16

Espesor	7,00 cm
Porosidad	0,4270Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,4180 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,3670 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4270Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000001000* 10 ⁻⁶ cm /seg.

CAPA 4

Tipo 4- Geomembrana.

Numero de textura del material 35

Espesor	0,15cm
Porosidad	0,0000 Vol. /Vol.
Capacidad de campo	0,0000 Vol. /Vol.
Punto de Marchitez	0,0000 Vol. /Vol.
Contenido inicial de agua en el suelo	0,0000 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,199999996000* 10 ⁻¹² cm /seg.
Densidad de agujeros(agujeros /ha)	2,00
Defecto de Instalación(agujeros /ha.)	4,00
Calidad de Colocado	3- Bueno.

Diseño general y datos zona de evaporación.

Nota: El Número de Curva SCS de Escorrentía fue calculado de la base de datos históricos del suelo usando una textura # 10 para una condición regular de Pasto, una pendiente de superficie de 3 % y un largo de la pendiente de 200m.

Número de Curva de escorrentía	85,20
Fracción de Área que permite la escorrentía.	50,0
Área. (ha) proyectada en un plano horizontal	4,00
Profundidad de la zona de Evaporación.	30,5 cm
Agua inicial en zona de evaporación.	4,145 cm
Lím. Superior de almacenaje de Evaporación.	12,131cm
Lím. Más bajo de Almacenamiento de Evaporación.	4,145 cm
Agua inicial en capas de materiales	10,121cm
Agua inicial total	10,121 cm
Influjo Subterráneo Total.	0,00 mm/ año.

Datos de evapotranspiración y clima.

Los datos de evapotranspiración se obtuvieron de:

Latitud de la estación	0,00 °
Índice de área máxima de hoja	2,00
Inicio de la cosecha	280
Final de la cosecha	110
Profundidad de la zona de Evaporación.	12,0 Pulgadas
Promedio anual velocidad del viento.	160,00 MPH.
Humedad Relativa promedio Enero-marzo.	84,00%
Humedad Relativa promedio Abril-Junio.	73,00%
Humedad Relativa promedio Julio-Septiembre.	61,00%
Humedad Relativa promedio Octubre-Diciembre.	87,00%

Nota: Los datos de precipitación, temperatura y Radiación solar para Tumbaco - Ecuador fue ingresado por el usuario

Total anual para el año 1992.

	mm	m ³	%
Precipitación	97,50	3900,000	100.00
Escorrentía.	16,377	655,067	16,80
Evapotranspiración.	37,661	1506,421	38,63
Drenaje Recogido de la Capa 2.	27,9385	1117,087	28,65
Percolación a través de la capa 4.	0,152353	6,094	0,16
Carga promedio sobre la capa 3	231,7313	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	15,372	614,880	15,77
Agua del suelo al inicio del año.	122,597	4903,865	0,00
Agua del suelo al final del año.	137,969	5518,745	0,00
Balance de Inv. de Agua anual.	0,00	0,00	0,00

Total anual para el año 1996.

	mm	m ³	%
Precipitación.	689,90	27596,002	100,00
Escorrentía.	573,028	22921,135	83,06
Evapotranspiración.	104,633	4185,317	15,17
Drenaje Recogido de la Capa 2.	25,8800	1035,200	3,75
Percolación a través de la capa 4.	0,097757	3,910	0,01
Carga promedio sobre la capa 3	132,4652	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,00	0,000	0,00
Agua del suelo al inicio del año.	137,969	5518,745	0,00
Agua del suelo al final del año.	124,230	4969,184	0,00
Balance de Inv. anual de agua.	0,0000	0,000	0,00

Promedios Anuales y (Desviación estándar) para los años 1992 a 1996

	mm	m³	%
Precipitación.	393,70 (418,890)	15748,0	100,00
Escorrentía.	294,703 (393,6122)	11788,10	74,855
Evapotranspiración.	71,147(47,3566)	2845,87	18,071
Drenaje Recogido de la Capa 2.	26,90924 (1,45557)	1076,370	6,83496
Percolación a través de la capa 4.	0,12506 (0,03861)	5,002	0,03176
Carga promedio sobre la capa 3	182,098 (70,192)	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	0,816 (0,8104)	32,66	0,207

Valor Pico diario para los años 1992 a 1996.

	mm	m³
Precipitación.	689,90	27596,00
Escorrentía.	443,320	17732,8027
Drenaje Recogido de la Capa 2.	0,09567	3,82686
Percolación a través de la capa 4.	0,000854	0,03416
Carga promedio sobre la capa 3	479,995	0,00
Carga máxima sobre la capa 3	744,844	0,00

Posición de la carga máx. en la capa 2	
Distancia al drenaje.	40,2 m
Agua del Suelo con Vegetación máx. (Vol. / Vol.)	0,3980
Agua del suelo con vegetación mín. (Vol. / Vol.)	0,1360

Cantidad de Agua Almacenada al Final del año 1996.

Capa	(cm)	(Vol. /Vol.)
1	6,4680	0,1617
2	2,9659	0,3707
3	2,9890	0,4270
4	0,0000	0,0000

CAPITULOIV
SIMULACION DEL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO DE
QUITO.

4.1 Ingreso de datos al programa del diseño actual del relleno sanitario del Inga Bajo.

Nota: Contenido de humedad inicial de las capas y de agua de nieve fueron calculados con valores cercanos al valor estacionario por el programa.

CAPA 1

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5.

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

Nota: La Conductividad hidráulica Saturada multiplicado por 3,00 para los canales de las raíces en la parte media superior de la zona de evaporación

CAPA 2

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 3

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

CAPA 4

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 5

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

CAPA 6

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 7

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

CAPA 8

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 9

Tipo 2 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 1

Espesor	30 cm
Porosidad	0,4170 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,450 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0180 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4170 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,9999999978000 * 10^{-2}$ cm /seg.
Pendiente	3 %
Largo del drenaje	200,0m

CAPA 10

Tipo 4- Geomembrana.

Numero de textura del material 35

Espesor	0,15cm
Porosidad	0,0000 Vol. /Vol.
Capacidad de campo	0,0000 Vol. /Vol.
Punto de Marchitez	0,0000 Vol. /Vol.
Contenido inicial de agua en el suelo	0,0000 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,199999996000 * 10^{-12}$ cm /seg.
Densidad de agujeros(agujeros /ha)	1,00
Defecto de Instalación(agujeros /ha.)	2,00
Calidad de Colocado	3- Bueno.

CAPA 11

Tipo 3- Revestimiento de suelo de barrera

Numero de textura del material 13

Espesor	10 cm
Porosidad	0,4300 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,3210 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,2210 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4300 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,330000003000 \times 10^{-4}$ cm /seg.

Diseño general y datos zona de evaporación.

Nota: El Número de Curva SCS de Escorrentía fue calculado de la base de datos históricos del suelo usando una textura # 5 para una condición regular de Pasto, una pendiente de superficie de 6 % y un largo de la pendiente de 230 m.

Número de Curva de escorrentía	76,50
Fracción de Área que permite la escorrentía.	17,0
Área. (ha) proyectada en un plano horizontal	5,00 ha.
Profundidad de la zona de Evaporación.	15,2 cm
Agua inicial en zona de evaporación.	0,884 cm
Lím. Superior de almacenaje de Evaporación.	6,965cm
Lím. Más bajo de Almacenamiento de Evaporación.	0,884 cm
Agua inicial en capas de materiales	1108,999cm
Agua inicial total	1108,999 cm
Influjo Subterráneo Total.	0,00 mm/ año.

Datos de evapotranspiración y clima.

Los datos de evapotranspiración se obtuvieron de:

Latitud de la estación	0,13 °
Índice de área máxima de hoja	2,00
Inicio de la cosecha	300
Final de la cosecha	60
Profundidad de la zona de Evaporación.	6,0 Pulgadas
Promedio anual velocidad del viento.	150,00 MPH.
Humedad Relativa promedio Enero-marzo.	76,00%
Humedad Relativa promedio Abril-Junio.	74,70,00%
Humedad Relativa promedio Julio-Septiembre.	60,00%
Humedad Relativa promedio Octubre-Diciembre.	86,00%

Precipitación:

Dado que en el Inga Bajo no existe una estación pluviométrica, se ha obtenido la precipitación media anual para el área del relleno utilizando el método de isoyetas, en base a los datos de precipitaciones anuales de las varias estaciones representativas del lugar tales como: Sangolquí, Conocoto, La Tola y Tumbaco . De este análisis se ha obtenido una precipitación media anual de 1880 mm.

Año	Precipitación (mm)
2001	1700
2002	2220
2003	1880

Cuadro 6. Precipitación media Anual .

FUENTE: CORPSYS

Temperatura:

Año	Temperatura (C°)
2001	16,02
2002	15,9
2003	15,9

Cuadro 7. Temperatura Anual de la Estación la Tola.
FUENTE: INAMHI

Radiación Solar:

Año	Radiación solar (watts. Hora /m ²)
1996	4388,88
1997	4940
1998	5055,55

Cuadro 8. Radiación Solar Anual de la Estación Izobamba
FUENTE: INAMHI

4.1.1 Aplicación de la Simulación del Programa HELP en el Diseño actual del Relleno sanitario del Inga Bajo.

4.1.1.1 Resultados.

Total Mensual (mm) para el año 2001

	Ene /Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/ oct	May/nov	Jun /Dic
Precipitación	160.4 20.1	166,6 15,0	165,3 209,8	157,7 174,3	179,8 190,5	35,2 225,3
Escorrentía	7,39 0,00	8,02 0,00	7,89 12,99	7,11 8,84	9,43 10,61	0,00 14,71
Evapotranspiración	19,94 5,95	19,61 16,68	19,76 20,57	20,77 18,86	19,61 16,85	19,23 16,39
Recogido del drenaje lateral de la capa 9	0,022 0,033	0,019 0,028	0,024 0,022	0,022 0,054	0,025 0,390	0,028 4,313
Percolación a través de la capa 11	0,001 0,001	0,001 0,001	0,001 0,001	0,001 0,001	0,001 0,008	0,001 0,073

Resúmenes mensuales para cargas diarias (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. de la capa 10	0,027 0,042	0,026 0,035	0,029 0,028	0,028 0,067	0,031 0,502	0,036 5,373
Desviación Estándar Diaria de carga en la sup. de la Capa 10.	0,001 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,001 0,111	0,004 0,170	0,003 2,911

Total anual para el año 2001.

	mm	m ³	%
Precipitación	1700,00	85000,008	100,00
Escorrentía.	86,989	4349,450	5,12
Evapotranspiración.	214,221	10711,048	12,60
Drenaje Recogido de la Capa 9	4,9795	248,973	0,29
Percolación a través de la capa 11.	0,087654	4,383	0,01
Carga promedio sobre la capa 10	5,1873	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	1393,723	69686,172	81,98
Agua del suelo al inicio del año.	10663,168	533158,437	0,00
Agua del suelo al final del año.	12056,892	602844,562	0,00
Balance de Inventario de Agua anual.	-0,0004	- 0,021	- 0,00

Total Mensual (mm) para el año 2002

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación	139,0 10,0	205,1 4,0	378,3 163,7	407,6 168,2	205,1 300,5	57,2 161,9
Escorrentía	5,32 0,00	12,29 0,00	35,48 7,72	39,78 8,19	12,29 24,49	0,19 7,54
Evapotranspiración	20,53 5,42	17,98 6,28	17,27 24,06	17,27 19,35	17,72 16,02	21,16 19,37
Recogido del drenaje lateral de la capa 9	17,546 38,416	23,116 44,561	33,189 50,117	34,163 58,003	36,604 60,778	35,898 66,069
Percolación a través de la capa 11	0,311 4,488	0,660 6,429	2,875 8,465	3,418 10,792	3,27 12,014	3,947 13,532

Resúmenes mensuales para cargas diarias (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. de la capa 10	22,790 193,218	48,809 245,677	141,810 300,413	163,938 343,683	176,520 375,472	181,167 396,307
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. de la Capa 10.	7,375 12,005	8,803 16,873	6,262 14,588	6,568 10,704	0,931 7,916	2,231 5,432

Total anual para el año 2002.

	Mm	m ³	%
Precipitación.	2200,60	110030,008	100,00
Escorrentía.	153,285	7664,235	6,97
Evapotranspiración.	202,425	10121,267	9,20
Drenaje Recogido de la Capa 9.	498,4596	24922,982	22,65
Percolación a través de la capa 11.	70,859444	3542,972	3,22
Carga promedio sobre la capa 10	2158,1697	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	1275,570	63778,508	57,96
Agua del suelo al inicio del año.	12056,892	602844,562	0,00
Agua del suelo al final del año.	13332,462	666623,125	0,00
Balance de Inv. anual de agua.	0,0008	0,042	0,00

Total Mensual (mm) para el año 2003

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación	115,9 35,4	170,8 24,0	165,7 77,4	336,9 204,7	153,5 206,1	61,3 328,7
Escorrentía	3,35 0,00	8,46 0,00	7,93 0,98	29,54 12,24	6,70 12,41	0,30 28,39
Evapotranspiración	20,98 22,16	19,70 6,17	20,39 25,10	17,49 16,84	20,91 16,74	21,20 15,97
Recogido del drenaje lateral de la capa 9	68,706 72,644	63,852 72,101	72,930 73,309	71,887 80,457	73.588 81.380	69.594 86.562
Percolación a través de la capa 11	14.443 15.814	13.669 15.624	15.914 16.361	15.860 18.573	16.145 19.231	15.057 20.759

Resúmenes mensuales para cargas diarias (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 10	412,720 436,600	424,857 433,348	438,295 454,914	446,328 481,971	442,208 502,317	432,223 515,876
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 10.	4,045 1,748	3,539 2,683	4,206 8,674	1,621 7,096	3,797 5,071	2,981 3,301

Total anual para el año 2003.

	mm	m ³	%
Precipitación	1880,40	94020,008	100,00
Escorrentía.	110,308	5515,408	5,87
Evapotranspiración.	223,660	11182,986	11,89
Drenaje Recogido de la Capa 9.	887,0099	44350,496	47,17
Percolación a través de la capa 11.	197,449814	9872,491	10,50
Carga promedio sobre la capa 10.	4518,0479	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	461,972	23098,590	24,57
Agua del suelo al inicio del año.	13332,462	666623,125	0,00
Agua del suelo al final del año.	13794,434	689721,687	0,00
Balance de Inventario de Agua anual.	0,0007	0,0037	0,00

Valores Promedios Mensuales en (mm) por año 2001 a través de 2003.

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación Total.	138,43 21,83	180,83 14,33	236,43 150,30	300,73 182,40	179,47 232,37	51,23 238,63
Desviación Estándar	22,26 12,79	21,12 10,08	122,86 67,21	128,82 19,55	25,80 59,52	14,04 84,20
Escorrentía Total	5,352 0,000	9,593 0,000	17,099 7,231	25,478 9,757	9,472 15,837	0,163 16,880
Desviación Estándar	2,017 0,000	2,347 0,000	15,918 6,019	16,706 2,179	2,798 7,545	0,150 10,594
Evapotranspiración total.	20,486 11,177	19,097 23,246	18,509 18,349	19,414 16,538	19,414 16,538	20,529 17,241
Desviación Estándar	0,521 11,518	0,969 6,034	1,653 2,372	1,957 1,329	1,602 0,455	1.125 1,852
Recogido del drenaje lateral capa 9 Total	28.7580 37.0312	28.9955 38.8970	35.3807 41.1492	35.3572 46.1714	36.7387 47.5163	35.1733 52.3147
Desviación Estándar	35.6883 36.3252	32.3202 36.3688	36.5025 37.4573	35.9474 41.4868	36.7817 42.0922	34.7888 42.8150
Percolación a través de la capa 11 Total	4,9182 6,7678	4,7765 7,3512	6,2634 8,2755	6,4262 4,9182	6,6908 4,7765	6,3348 6,2634
Desviación Estándar	8,2500 8,1493	7,7078 7,8525	8,4806 8,1820	8,3467 9,3266	8,4194 9,7104	7,8070 10,4984

Promedio mensual diario (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 10	145.1790 09.9532	157.8974 226.3537	193.3780 251.7850	203.4312 275.2403	206.2527 292.7637	204.4756 305.8518
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 10.	231.9767 218.7598	232.4769 217.3018	223.6375 231.3085	225.7562 248.1350	222.5830 260.9309	217.0345 267.0017

Promedios Anuales y (Desviación estándar) para los años 2001 al 2003.

	mm	m³	%
Precipitación.	1927,00 (253,532)	96350,0	100,00
Escorrentía.	116,861 (33,6301)	5843,03	6,064
Evapotranspiración.	213,435 (10,6395)	10671,77	11,076
Drenaje Recogido de la Capa 9.	463,48300 (442,05420)	23174,150	24,05205
Percolación a través de la capa 11.	89,46564 (99,98799)	4473,282	4,64274
Carga promedio sobre la capa 10.	2227,135	(2257,220)	
Cambio en el agua almacenada.	1043,755 (19,9721)	52187,76	54,165

Valor Pico diario para los años 2001 al 2003.

	mm	m³
Precipitación.	407,60	20380,000
Escorrentía.	39,776	1988,7759
Drenaje Recogido de la Capa 9.	2,81526	140,76279
Percolación a través de la capa 11.	0,677889	33,89445
Carga promedio sobre la capa 10	5197,430	0,000
Carga máxima sobre la capa 10	66,412	0,000

Posición de la carga máx. en la capa 9	115,1 METROS
Distancia al drenaje.	
Agua del Suelo con Vegetación máx. (Vol. / Vol.)	0,4570
Agua del suelo con vegetación mín. (Vol. / Vol.)	0,0580

Cantidad de Agua Almacenada al Final del año 2003.

Capa	(cm)	(Vol. /Vol.)
1	83,2388	0,2345
2	226,1487	0,3590
3	92,1994	0,2597
4	192,7314	0,3059
5	210,5475	0,3342
6	92,1798	0,2597
7	94,7640	0,2669
8	370,8239	0,5886
9	12,5100	0,4170
10	0,0000	0,0000
11	4,3000	0,4300

4.2 Ingreso de datos al programa del diseño Propuesto para el relleno sanitario del Inga Bajo.

Nota: Contenido de humedad inicial de las capas y de agua de nieve fueron calculados con valores cercanos al valor estacionario por el programa.

CAPA 1

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 13

Espesor	60 cm
Porosidad	0,4300 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,3210 Vol. / Vol.
Punto de marchitez	0,2210 Vol. / Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3480 Vol. / Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,330000003000* 10 ⁻⁴ cm /seg.

Nota: La Conductividad hidráulica Saturada multiplicado por 5,00 para los canales de las raíces en la parte media superior de la zona de evaporación

CAPA 2

Tipo 2 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 1

Espesor	30 cm
Porosidad	0,4170 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,450 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0180 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4170 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,9999999978000* 10 ⁻² cm /seg.
Pendiente	3 %
Largo del drenaje	200,0m

CAPA 3

Tipo 4- Geomembrana.

Numero de textura del material 35

Espesor	0,15cm
Porosidad	0,0000 Vol. /Vol.
Capacidad de campo	0,0000 Vol. /Vol.
Punto de Marchitez	0,0000 Vol. /Vol.
Contenido inicial de agua en el suelo	0,0000 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,199999996000 \times 10^{-12}$ cm /seg.
Densidad de agujeros(agujeros /ha)	1,00
Defecto de Instalación(agujeros /ha.)	1,00
Calidad de Colocado	1- Perfecto

CAPA 4

Tipo 3- Revestimiento de suelo de barrera

Numero de textura del material 16

Espesor	30 cm
Porosidad	0,4000 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,3660 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,2880 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2880 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,779999993000 \times 10^{-6}$ cm /seg.

CAPA 5

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	315 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,100000005000 \times 10^{-3}$ cm/seg.

CAPA 6

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 7

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

CAPA 8

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 9

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

CAPA 10

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 11

Tipo 1 - capa vertical de percolación

Numero de textura del material 5

Espesor	355 cm
Porosidad	0,4570 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,1310 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,1040 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,2833Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻³ cm/seg.

CAPA 12

Tipo 1 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 18

Espesor	630 cm
Porosidad	0,6710 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,2920 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0770 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,3249 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,100000005000* 10 ⁻² cm /seg.

CAPA 13

Tipo 2 - Capa lateral de percolación

Numero de textura del material 1

Espesor	30 cm
Porosidad	0,4170 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,450 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,0180 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4170 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,999999978000* 10 ⁻² cm /seg.
Pendiente	2 %
Largo del drenaje	200,0m

CAPA 14

Tipo 4- Geomembrana.

Numero de textura del material 35

Espesor	0,15cm
Porosidad	0,0000 Vol. /Vol.
Capacidad de campo	0,0000 Vol. /Vol.
Punto de Marchitez	0,0000 Vol. /Vol.
Contenido inicial de agua en el suelo	0,0000 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	0,199999996000* 10 ⁻¹² cm /seg.
Densidad de agujeros(agujeros /ha)	1,00
Defecto de Instalación(agujeros /ha.)	2,00
Calidad de Colocado	3- Bueno.

CAPA 15

Tipo 3- Revestimiento de suelo de barrera

Numero de textura del material 16

Espesor	50 cm
Porosidad	0,4270 Vol. /Vol.
Capacidad de Campo	0,4180 Vol. /Vol.
Punto de marchitez	0,3670 Vol. /Vol.
Contenido Inicial de agua en el suelo	0,4270 Vol. /Vol.
Conductividad hidráulica saturada.	$0,100000001000 \times 10^{-6}$ cm /seg.

Diseño general y datos zona de evaporación.

Nota: El Número de Curva SCS de Escorrentía fue calculado de la base de datos históricos del suelo usando una textura # 13 para una condición excelente de Pasto, una pendiente de superficie de 3 % y un largo de la pendiente de 230 m.

Número de Curva de escorrentía	80,80
Fracción de Área que permite la escorrentía.	70
Área. (ha) proyectada en un plano horizontal	5,0000
Profundidad de la zona de Evaporación.	40,6 cm
Agua inicial en zona de evaporación.	12,553 cm
Lím. Superior de almacenaje de Evaporación.	17,475 cm
Lím. Más bajo de Almacenamiento de Evaporación.	8,981 cm
Agua inicial en capas de materiales	985,519 cm
Agua inicial total	985,519 cm
Influjo Subterráneo Total.	0,00 mm/ año.

Datos de evapotranspiración y clima.

Los datos de evapotranspiración se obtuvieron de:

Latitud de la estación	0,13 °
Índice de área máxima de hoja	5,00
Inicio de la cosecha	300
Final de la cosecha	60
Profundidad de la zona de Evaporación.	16 Pulgadas
Promedio anual velocidad del viento.	150 MPH.
Humedad Relativa promedio Enero-marzo.	76,00%
Humedad Relativa promedio Abril-Junio.	74,00%
Humedad Relativa promedio Julio-Septiembre.	60,00%
Humedad Relativa promedio Octubre-Diciembre.	86,00%

Nota: Los Datos de Precipitación, Temperatura y Radiación Solar son los mismos que en el diseño actual.

4.2.1 Aplicación de la Simulación del Programa HELP en el Diseño propuesto del Relleno sanitario del Inga bajo.

4.2.1.1 Resultados.

Total Mensual (mm) para el año 2001

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación	160,4 20,1	166,6 15,0	165,3 209,8	157,7 174,3	179,8 190,5	35,2 225,3
Escorrentía	97,84 0,00	91,02 0,00	105,53 123,00	89,93 86,33	107,51 115,27	0,10 155,46
Evapotranspiración	52,50 20,76	50,63 19,70	53,10 60,33	55,95 48,31	56,49 52,73	17,82 53,45
Recogido del drenaje lateral de la capa 2	16,153 16,081	14,585 15,324	16,153 15,019	15,626 16,124	16,146 15,634	15,584 16,160
Percolación a través de la capa 4	0,002 0,001	0,002 0,001	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002
Recogido del drenaje lateral de la capa 13	0,001 0,002	0,001 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002
Perc/Fuga a través de la capa 15	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000

Resúmenes mensuales para cargas diarias (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 3	68,599 40,629	66,626 28,621	68,772 45,319	67,280 60,584	67,112 67,848	53,124 69,142
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 3.	7,982 4,799	10,069 0,898	7,864 12,951	8,000 10,692	8,043 10,124	2,405 9,085
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 14	0,003 0,004	0,003 0,003	0,003 0,003	0,003 0,003	0,003 0,003	0,004 0,004
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 14.	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000

Total anual para el año 2001.

	mm	m ³	%
Precipitación	1700,00	85000,008	100,00
Escorrentía.	971,991	48599,543	57,18
Evapotranspiración.	541,769	27088,434	31,87
Drenaje Recogido de la Capa 2.	188,5914	9429,569	11,09
Percolación a través de la capa 4.	0,024701	1,235	0,00
Carga promedio sobre la capa 3	586,3789	0,00	0,00
Drenaje Recogido de la Capa 13.	0,0207	1,037	0,00
Percolación a través de la capa 15.	0,000063	0,003	0,00
Carga promedio sobre la capa 14	0,0329	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	-2,371	-118,559	-0,14
Agua del suelo al inicio del año.	9855,187	492759,375	0,00
Agua del suelo al final del año.	9852,816	492640,812	
Balance de Inventario de Agua anual.	-0,0004	-0,022	0,00

Total Mensual (mm) para el año 2002

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación	139,0 10,0	205,1 4,0	378,3 163,7	406,7 168,2	205,1 300,5	57,2 161,9
Escorrentía	75,29 0,00	125,51 0,00	312,54 78,53	328,69 81,15	129,81 213,73	2,80 95,21
Evapotranspiración	53,94 10,62	51,82 7,42	62,42 60,81	66,05 46,07	57,37 53,20	46,83 49,18
Recogido del drenaje lateral de la capa 2	16,149 16,093	14,585 15,848	16,156 15,240	15,630 16,106	16,147 15,633	15,579 16,158
Percolación a través de la capa 4	0,002 0,001	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002
Recogido del drenaje lateral de la capa 13	0,002 0,002	0,002 0,001	0,002 0,001	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002
Perc / Fuga a través de la capa 15	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000

Resúmenes mensuales para cargas diarias (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 3	67,604 47,171	66,219 32,211	68,262 40,464	67,181 54,588	67,108 66,977	59,344 69,299
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 3.	8,100 4,308	10,521 3,959	8,806 8,692	9,095 10,984	8,096 11,028	5,395 8,548
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 14	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 14.	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000

Total anual para el año 2002.

	mm	m³	%
Precipitación	2200,60	110030,008	100,00
Escorrentía.	1443,264	72163,203	65,59
Evapotranspiración.	565,724	2828,182	25,71
Drenaje Recogido de la Capa 2.	189,3417	9467,084	8,60
Percolación a través de la capa 4.	0,024808	1,240	0,00
Carga promedio sobre la capa 3	588,8533	0,00	0,00
Drenaje Recogido de la Capa 13.	0,0241	1,203	0.00
Percolación a través de la capa 15.	0,000063	0,003	0.00
Carga promedio sobre la capa 14	0,0382	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	2,246	112,280	0,10
Agua del suelo al inicio del año.	9852,816	492640,812	0,00
Agua del suelo al final del año.	9855,062	492753,094	0,00
Balance de Inventario de Agua anual.	0,0010	0,049	0.00

Total Mensual (mm) para el Año 2003

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación	115,9 35,4	170,8 24,0	165,7 77,4	336,9 204,7	153,5 206,1	61,3 328,7
Escorrentía	55,40 0,08	91,59 0,00	104,51 11,37	261,10 112,40	79,08 135,13	3,59 258,28
Evapotranspiración	54,16 24,82	52,01 21,64	54,34 46,48	66,18 48,85	57,50 53,26	46,72 53,81
Recogido del drenaje lateral de la capa 2	16,147 16,094	14,582 15,908	16,152 15,372	15,628 16,135	16,141 15,639	15,597 16,161
Percolación a través de la capa 4	0,002 0,002	0,002 0,001	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002
Recogido del drenaje lateral de la capa 13	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002	0,002 0,002
Perc / Fuga a través de la capa 15	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000

Resúmenes mensuales para cargas diarias (cm).

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 3	67,257 47,856	65,682 33,212	68,450 46,590	66,624 62,772	65,845 68,968	59,239 69,450
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 3.	8,166 4,005	10,385 4,492	7,953 12,413	9,121 11,755	8,411 9,320	5,676 9,087
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 14	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004	0,004 0,004
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 14.	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000	0,000 0,000

Total anual para el año 2003.

	mm	m ³	%
Precipitación	1880,40	94020,008	100,00
Escorrentía.	1112,538	55626,914	59,16
Evapotranspiración.	579,777	28988,848	30,83
Drenaje Recogido de la Capa 2.	189,5569	9477,845	10,08
Percolación a través de la capa 4.	0,025350	1,268	0,00
Carga promedio sobre la capa 3	601,6211	0,00	0,00
Drenaje Recogido de la Capa 13.	0,0248	1,238	0,00
Percolación a través de la capa 15.	0,000063	0,003	0,00
Carga promedio sobre la capa 14	0,0393	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	-1,497	-74,840	-0,08
Agua del suelo al inicio del año.	9855,062	492753,094	0,00
Agua del suelo al final del año.	9853,565	492678,250	0,00
Balance de Inventario de Agua anual.	0,0000	- 0,002	0.00

Valores Promedios Mensuales en (mm) por año 2001 a través de 2003.

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Precipitación Total.	138,43 21,83	180,83 14,33	236,43 150,30	300,73 182,40	179,47 232,37	51,23 238,63
Desviación Estándar	22,26 12,79	21,12 10,02	122,86 67,21	128,82 19,55	25,80 59,52	14,04 84,20
Escorrentía Total	76,176 0,026	102,708 0,000	74,193 70,969	226,574 93,293	105,467 154,709	2,165 169,652
Desviación Estándar	21,231 0,044	19,751 0,000	119,809 56,199	123,070 16,751	25,427 52,067	1,831 82,457
Evapotranspiración total.	53,535 18,730	51,486 16,254	56,620 55,973	62,728 47,754	57,120 53,065	37,123 52,144
Desviación Estándar	0,903 7,314	0,745 7,712	5,059 8,138	5,874 1,473	0,551 0,289	16,717 2,577
Recogido del drenaje lateral capa 2 Total	16,1497 16,0896	14,5840 15,6936	16,1536 15,2105	15,6279 16,1218	16,1448 15,6353	15,5926 16,1597
Desviación Estándar	0,0000 0,0061	0,0000 0,3210	0,0030 0,1781	0,0067 0,0144	0,0035 0,0000	0,0079 0,0000
Percolación a través de la capa 4 Total	0,0024 0,0016	0,0021 0,0011	0,0025 0,0015	0,0023 0,0021	0,0024 0,0024	0,0020 0,0025
Desviación Estándar	0,0000 0,0001	0,0000 0,0001	0,0000 0,0001	0,0000 0,0002	0,0000 0,0001	0,0001 0,0000
Recogido del drenaje lateral capa 13 Total	0,0018 0,0021	0,0017 0,0020	0,0020 0,0018	0,0020 0,0019	0,0021 0,0019	0,0020 0,0020
Desviación Estándar	0,0003 0,0002	0,0003 0,0002	0,0002 0,0001	0,0002 0,0001	0,0002 0,0001	0,0002 0,0001
Percolación a través de la capa 15 Total	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000
Desviación Estándar	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000	0,0000 0,0000

Promedio mensual diario (cm)

	Ene/Jul	Feb/Ago	Mar/Sep	Abr/oct	May/nov	Jun/Dic
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 3	67,8201 45,2185	66,1757 31,3481	68,5593 44,1243	67,0285 59,3147	66,6882 67,9310	57,2358 69,2970
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 3.	0,6971 3,9895	0,4731 2,4143	0,1859 3,2327	0,3534 4,2373	0,73,08 0.9978	3,5618 0,1542
Prom. Diario de carga en la sup. De la capa 14	0,0034 0,0038	0,0035 0,0037	0,0037 0,0035	0,0038 0,0035	0,0039 0,0036	0,0039 0,0037
Desviación Estándar Diaria de cara en la sup. De la Capa 14.	0,0006 0,0003	0,0005 0,0003	0,0005 0,0003	0,0004 0,0002	0,0003 0,0002	0,0003 0,0002

Promedios Anuales y (Desviación estándar) para los años 2001 a 2003

	mm	m³	%
Precipitación.	1927,00 (253,532)	96350,3	100,00
Escorrentía.	1175,931 (241,9475)	58796,55	61,024
Evapotranspiración.	562,423 (19,2179)	28121,15	29,186
Drenaje Recogido de la Capa 2.	189,16331 (0,50599)	9458,166	9,81647
Percolación a través de la capa 4.	0,02495 (0,00035)	1,248	0,00129
Carga promedio sobre la capa 3	592,285 (8,176)	0,00	0,00
Drenaje Recogido de la Capa 13.	0,02318 (0,00215)	1,159	0,00120
Percolación a través de la capa 15.	0,00006 (0,00000)	0,003	0,00000
Carga promedio sobre la capa 14	0,037 (0,003)	0,00	0,00
Cambio en el agua almacenada.	-0,541 (0,0966)	-27,04	-0,028

Valor Pico diario para los años 2001 a 2003.

	mm	m³
Precipitación.	407,60	20380.000
Escorrentía.	301,452	15072.5859
Drenaje Recogido de la Capa 2.	0,52719	26,35962
Percolación a través de la capa 4.	0,000104	0,00520
Carga promedio sobre la capa 3	899,995	0,00
Carga máxima sobre la capa 3	1188,576	0,00
Posición de la carga máx. en la capa 2 Distancia al drenaje.	68,1 METROS	
Drenaje Recogido de la Capa 13.	0,00007	0,00371
Percolación a través de la capa 15.	0,000000	0,00001
Carga promedio sobre la capa 14	0,041	0,00
Carga máxima sobre la capa 14	0,083	0,00

Posición de la carga máx. en la capa 13 Distancia al drenaje.	0,00 metros
Agua del Suelo con Vegetación máx.(Vol. / Vol.)	0,4300
Agua del suelo con vegetación mín. (Vol. / Vol.)	0,2210

Cantidad de Agua Almacenada al Final del año 2003.

Capa	(cm)	(Vol. /Vol.)
1	20,7150	0,3452
2	12,5100	0,4170
3	0,0000	0,0000
4	12,8100	0,4270
5	41,2650	0,1310
6	183,9600	0,2920
7	46,5050	0,1310
8	183,9600	0,2920
9	46,5050	0,1310
10	183,9600	0,2920
11	46,5050	0,1310
12	183,9600	0,2920
13	1,3515	0,0450
14	0,0000	0,0000
15	21,3500	0,4270

4.3 Verificación del programa de computación HELP para ser aplicado en la simulación del relleno del Inga Bajo.

Los datos de lixiviados reales generados en el Relleno del Inga Bajo son los siguientes:

En promedio de 1,2 a 1,7 l / seg.

1,2 l/ seg.	1,7 l/seg
103,68 m ³ /día	146,88 m ³ /día
3110,4m ³ /mes	4406,4m ³ /mes
37324,8 m ³ / año.	52876,8 m ³ /año

Cuadro 9. Caudal promedio de lixiviados

Generados en el Relleno del Inga Bajo.

FUENTE: CORPSYS.

Los datos de lixiviados generados por el programa HELP en base al relleno sanitario del Inga Bajo son los siguientes:

1,74 l/seg.
150,61 m ³ /día
4518,58 m ³ /mes
44350,496+9872,491
54222,987m ³ /año

Cuadro 10. Caudal promedio de lixiviados

Generados en el Relleno del Inga Bajo.

FUENTE: Programa HELP.

Nota: Estos datos son tomados del año 2003 ya que durante este año se realizó la mayor ejecución del relleno.

Se pudo verificar que el programa HELP arroja resultados muy parecidos a la realidad, especialmente si se compara este resultado con el caudal de 1,7 l/ seg.

CAPITULO V
RESULTADOS.

5. 1 Interpretación de los datos obtenidos de las Simulaciones de diseño para el diseño actual y para el diseño propuesto.

5.1.1 Diseño Actual (D1)

Totales mensuales en mm para el año 2003.

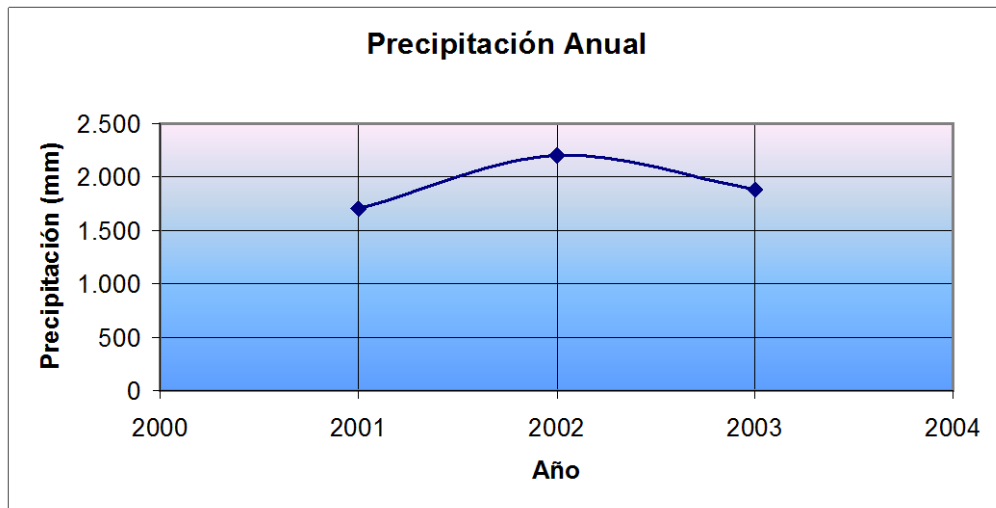
- La mayor precipitación mensual en (mm) se registra en el mes de Abril con 336,9 mm y la menor precipitación es en el mes de Agosto con 24,0 mm.
- La mayor escorrentía en (mm) se registra en el mes de Abril con 29,54 mm y no se presenta escorrentía en los meses de: Julio y Agosto.
- La mayor evapotranspiración en (mm) se registra en el mes de Septiembre con 25,10 mm y la menor evapotranspiración es en el mes de Agosto con 6,17 mm .
- El mayor volumen de drenaje lateral recogido de la capa 9 (drenaje lateral) en (mm) se registra en el mes de diciembre con 86,56 mm y el menor es en el mes de Febrero con 63,852 mm.
- La mayor percolación a través de la capa 11 (suelo de barrera) en (mm) se registra en diciembre con 20,759 y la menor percolación es en el mes de febrero con 13,669 mm.

Resúmenes mensuales para cargas diarias en (cm) para el año 2003.

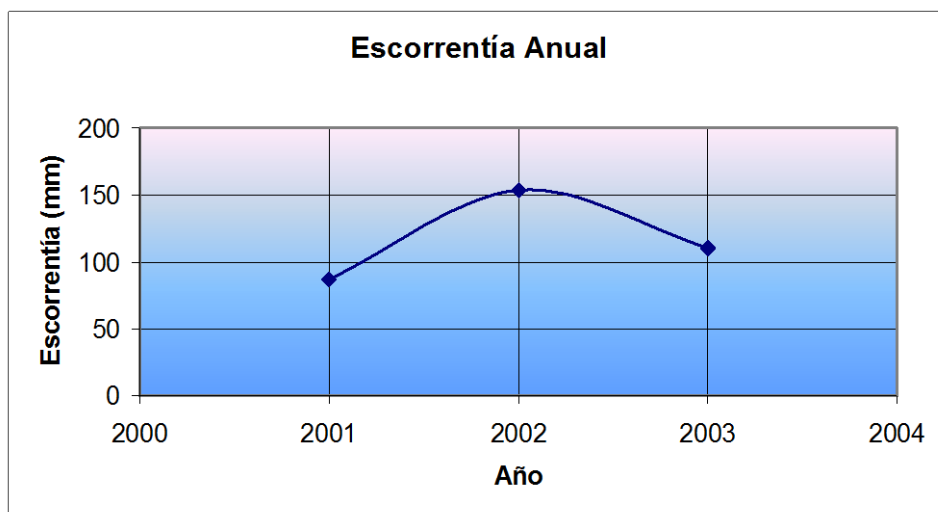
- El mayor promedio diario de la carga en la superficie de la capa 3 se registra en el mes de diciembre con 515,876 cm y el menor es en el mes de Enero con 412,720 cm .
- La mayor desviación estándar diaria de carga en la superficie de la capa 10 (geomembrana) se registra en el mes de Septiembre con 8,674 cm y la menor es en el mes de Abril con 1,621cm.

Total Anual en (mm) para los años 2001 a 2003.

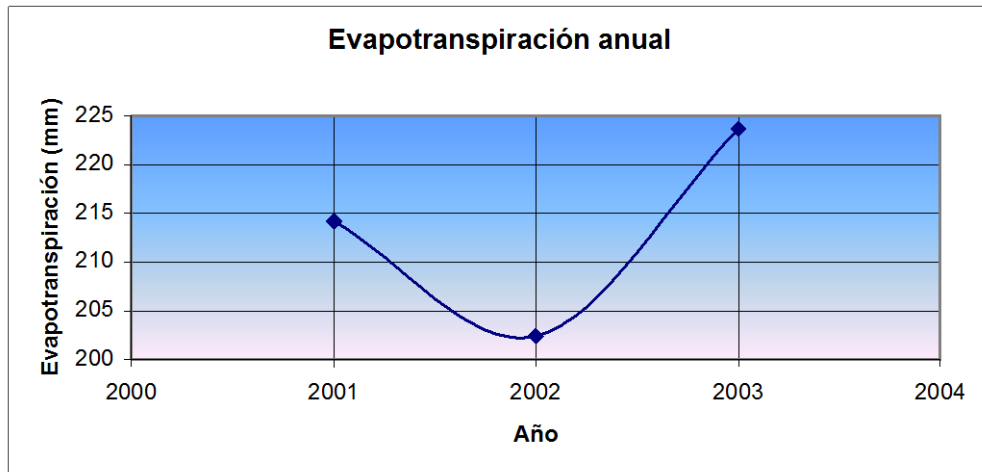
- La mayor precipitación en (mm) se registra en el año 2002 con 2200,6 y la menor para el año 2001 con 1700. Para el año 2003 tenemos una precipitación de 1880 mm.



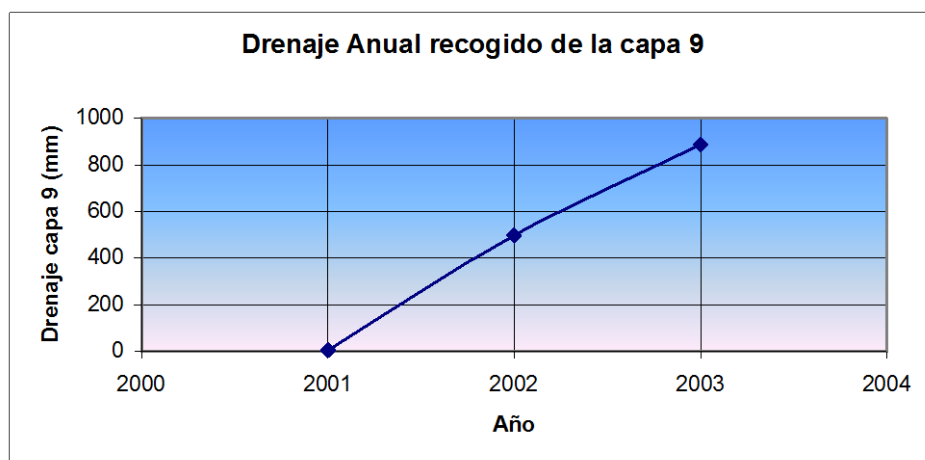
- La mayor escorrentía en (mm) se registra en el año 2002 con 153,285 y la menor para el año 2001 con 86,989. Para el año 2003 tenemos una escorrentía de 110,308 mm.



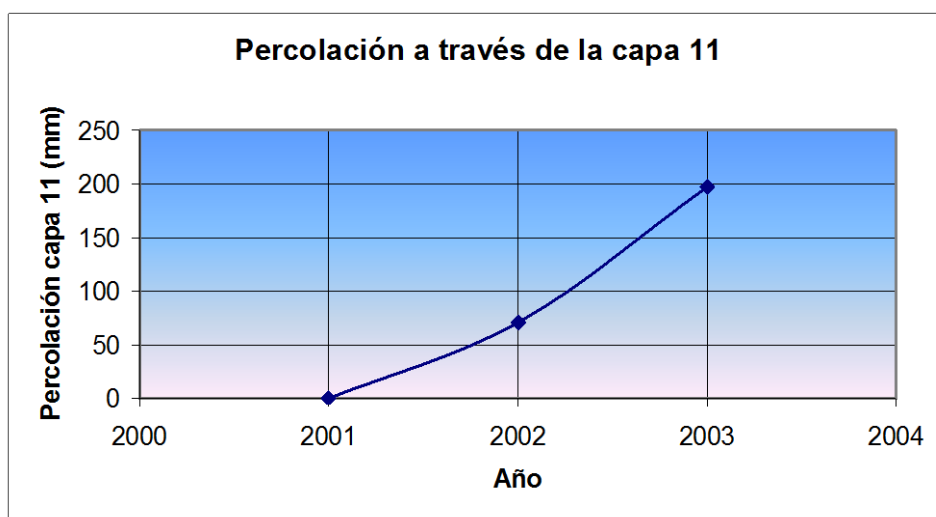
- La mayor evapotranspiración en (mm) se registra en el año 2003 con 223,66 y la menor para el año 2002 con 202,42 . Para el año 2001 tenemos una evapotranspiración de 214,221 mm.



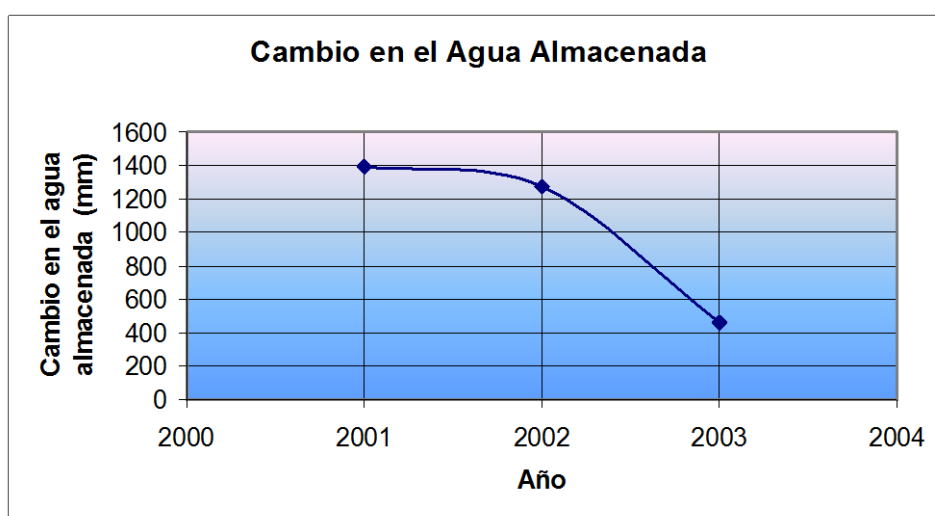
- El mayor volumen de drenaje lateral recogido de la capa 9 en (mm) se registra en el año 2003 con 887 y la menor para el año 2001 con 4,98. El volumen de drenaje lateral recogido de la capa 9 para el año 2002 es 498,46 mm.



- La mayor percolación a través de la capa de capa 11 en (mm) se registra en el año 2003 con 197,45 y la menor para el año 2001 con 0,088. La percolación a través de la capa de capa 11 para el año 2002 es 70,86 mm.



- El mayor cambio en el agua almacenada en (mm) se registra en el año 2001 con 1393,723 y la menor para el año 2003 con 461,972. Para el 2002 tenemos 1275,570 mm.



5.1.2 Diseño propuesto.(D2)

Totales mensuales en mm para el año 2003.

- La mayor precipitación mensual en (mm) se registra en el mes de Abril con 336,9 mm y la menor precipitación es en el mes de Agosto con 24,0 mm de precipitación.
- La mayor escorrentía en (mm) se registra en el mes de Abril con 261,10 mm y no se presenta escorrentía en el mes de Agosto.
- La mayor evapotranspiración en (mm) se registra en el mes de abril con 66,18 mm y la menor evapotranspiración es en el mes de agosto con 21,64 mm.
- El mayor volumen de drenaje lateral recogido de la capa 2 en (mm) se registra en el mes de diciembre con 16,161 y el menor para el mes de febrero con 14,582 mm.
- La percolación a través de la capa de capa 4 en (mm) es 0,002 para todos los meses excepto en el mes de agosto que es 0,001 mm.
- El volumen de drenaje lateral recogido de la capa 13 en (mm) es 0,002 para todos los meses.
- La percolación a través de la capa de capa 15 en (mm) es 0,000 para todos los meses.

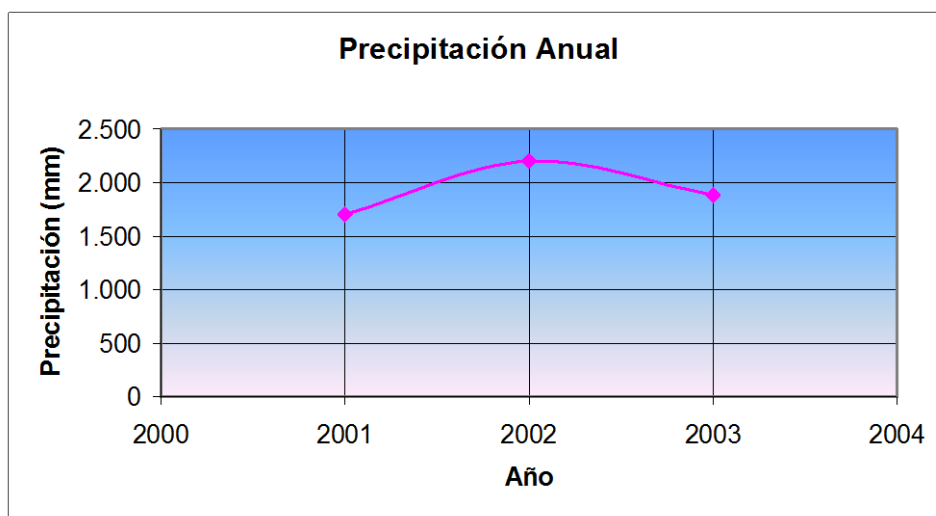
Resúmenes mensuales para cargas diarias en (cm) para el año 2003.

- El mayor promedio diario de la carga en la superficie de la capa 3 se registra en el mes de diciembre con 69,450 cm y la menor es en el mes de Agosto con 33,212 cm.
- La mayor desviación estándar diaria de carga en la superficie de la capa 3 se registra en el mes de Junio con 12,413 cm y la menor es en el mes de Julio con 4,005 cm.
- El promedio diario de la carga en la superficie de la capa 14 es de 0,004 cm para todos los meses.

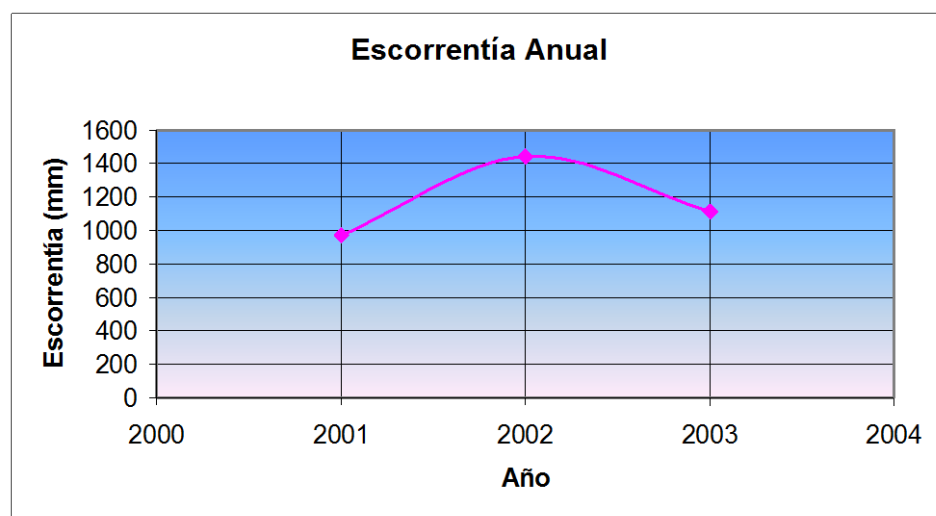
- La desviación estándar diaria de carga en la superficie de la capa 14 es de 0,000 cm para todo los meses.

Total Anual en (mm) para los años 2001 a 2003.

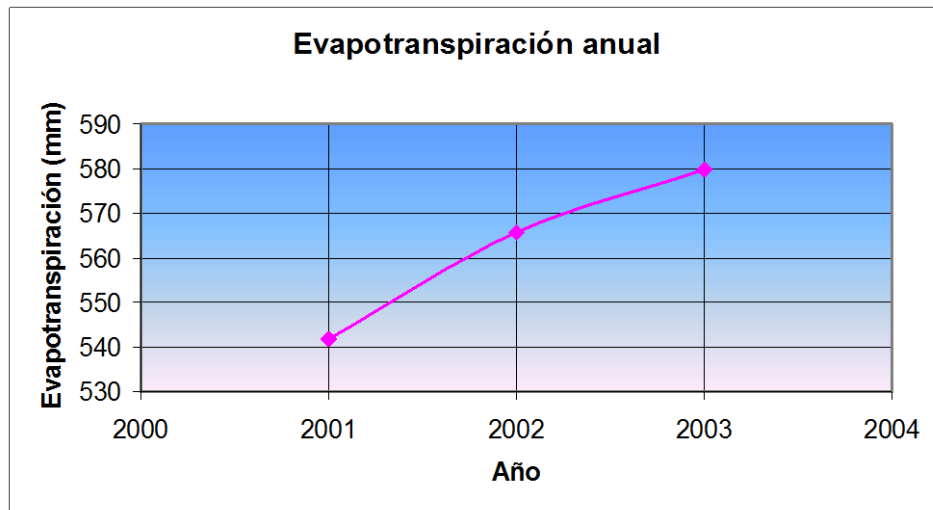
- La mayor precipitación en (mm) se registra en el año 2002 con 2200,6 y la menor para el año 2001 con 1700. Para el año 2003 tenemos una precipitación de 1880 mm.



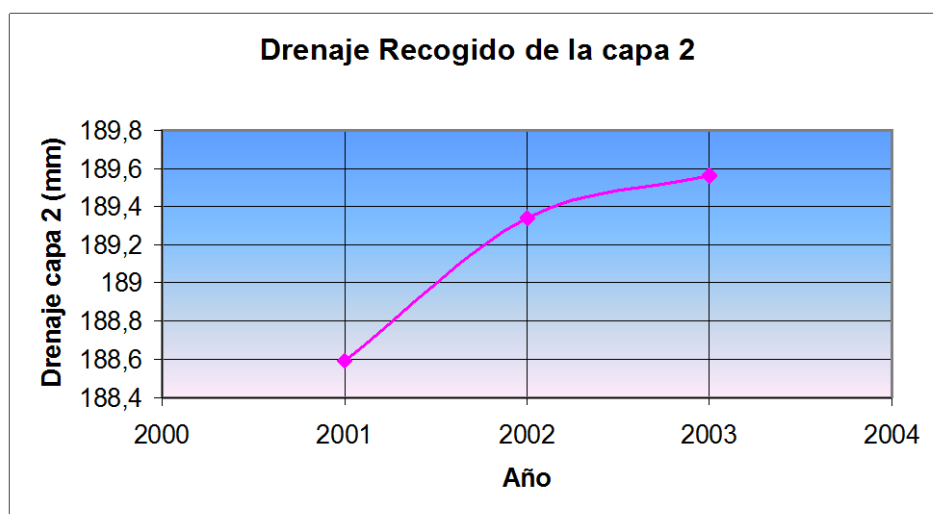
- La mayor escorrentía en (mm) se registra en el año 2002 con 1443,264 y la menor para el año 2001 con 971,991. Para el año 2003 tenemos 1112,538 mm.



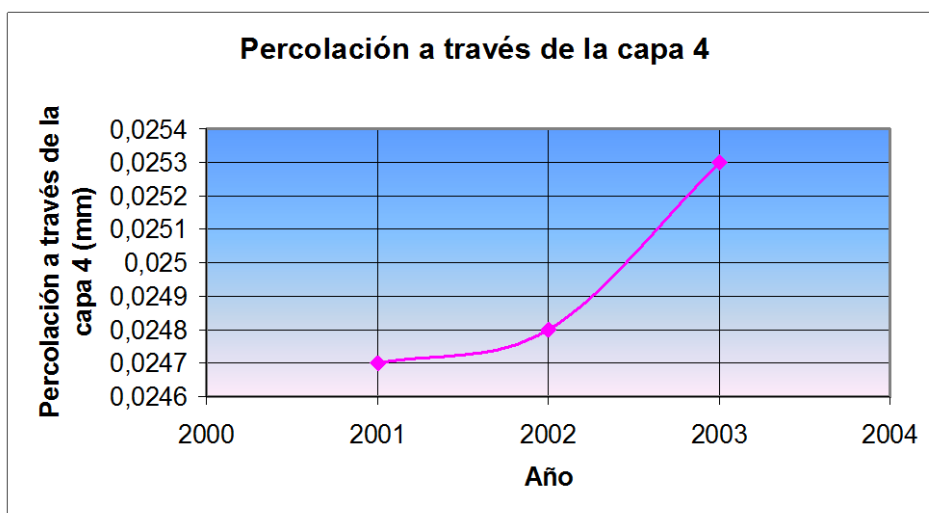
- La mayor evapotranspiración en (mm) se registra en el año 2003 con 579,777 y la menor para el año 2001 con 541,769. Para el año 2002 tenemos 565,724 mm.



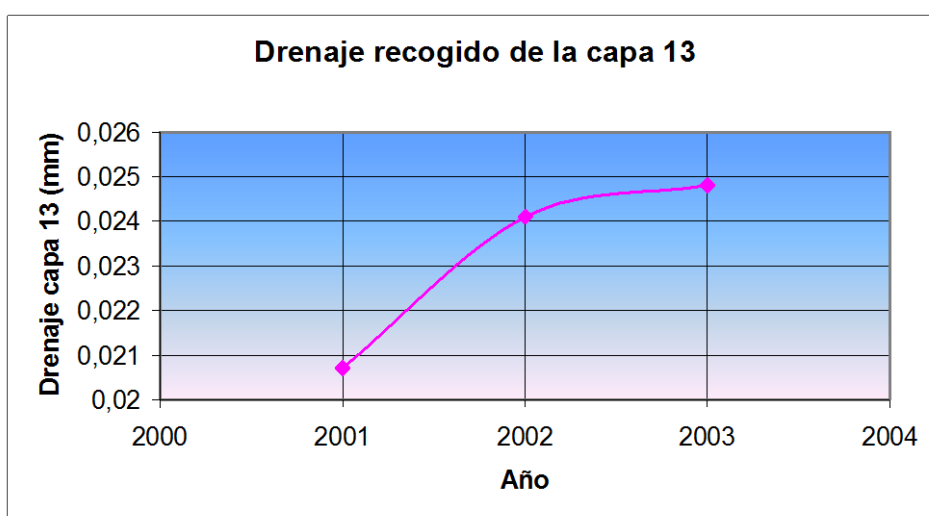
- El mayor volumen de drenaje lateral recogido de la capa 2 en (mm) se registra en el año 2003 con 189,56 y la menor para el año 2001 con 188,59. El volumen de drenaje lateral recogido de la capa 2 para el año 2002 es 189,34 mm.



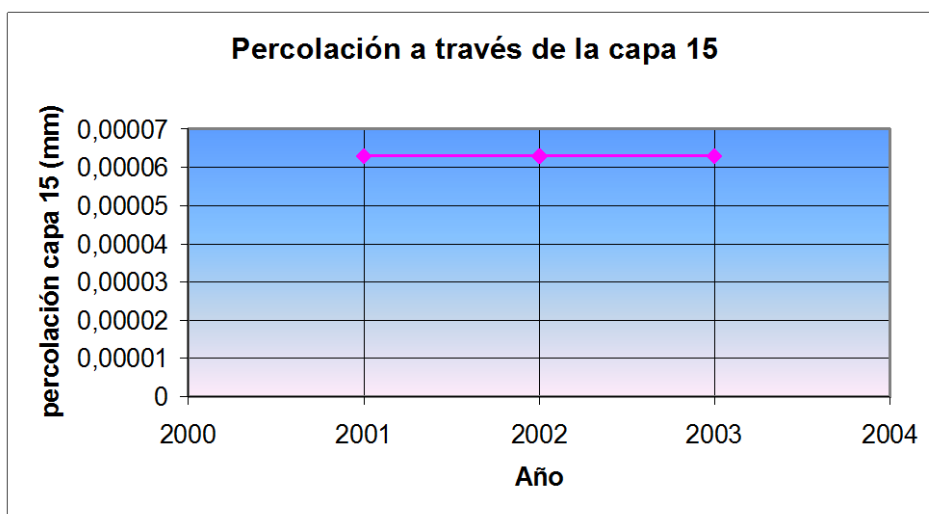
- La mayor percolación a través de la capa de capa 4 en (mm) se registra en el año 2003 con 0,0253 y la menor para el año 2001 con 0,0247. La percolación a través de la capa de capa 4 para el año 2002 es 0,0248 mm.



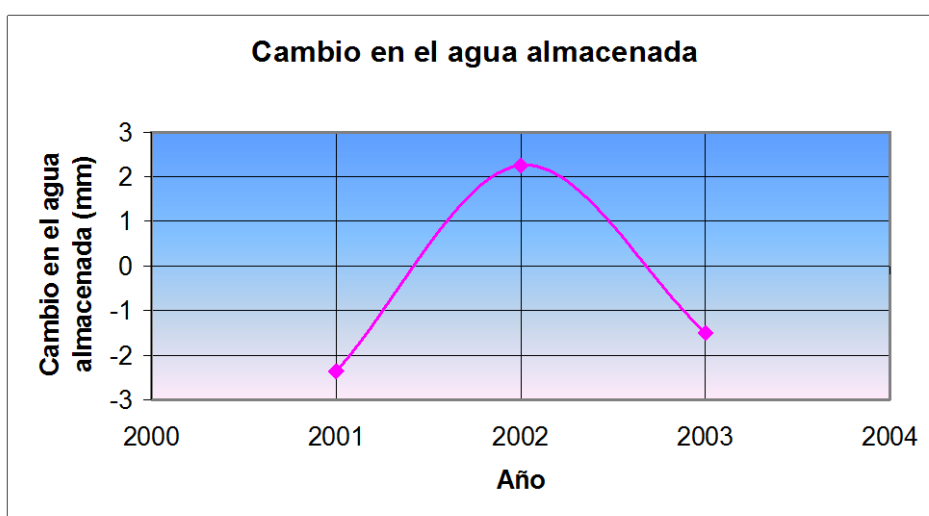
- El mayor volumen de drenaje lateral recogido de la capa 13 en (mm) se registra en el año 2003 con 0,0248 y la menor para el año 2001 con 0,0207. El volumen de drenaje lateral recogido de la capa 13 para el año 2002 es 0,0241mm.



- La percolación a través de la capa de capa 15 en (mm) es igual para los 3 años:
0,000063

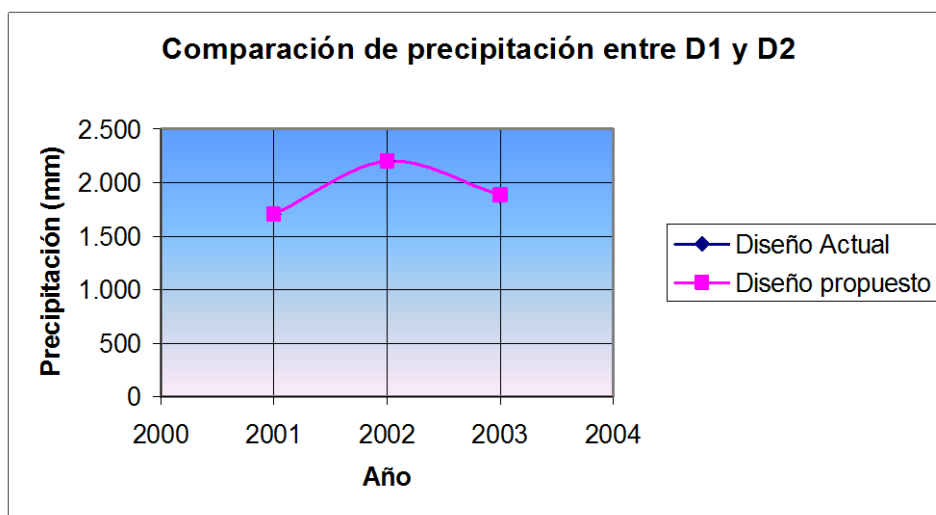


- El mayor cambio en el agua almacenada en (mm) se registra en el año 2002 con 2,246 y la menor para el año 2001 con -2,371. Para el año 2003 tenemos -1,497 mm.

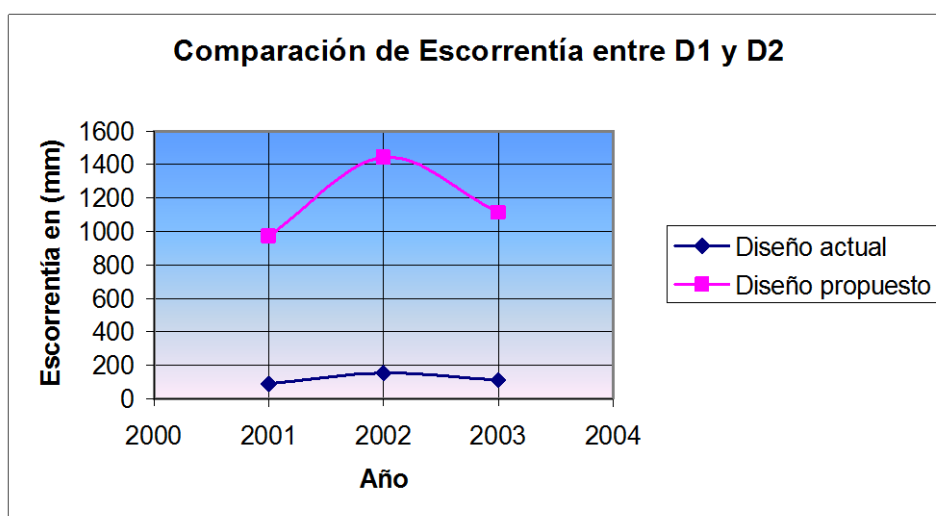


5.1.3 Comparación entre el Diseño actual (D1) y el Diseño propuesto(D2).

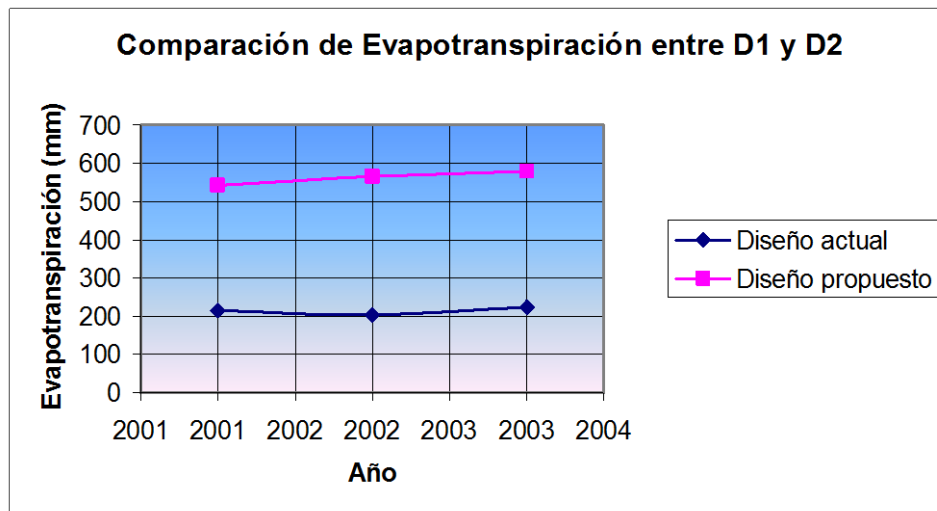
- En cuanto a la precipitación los resultados son iguales para ambos diseños ya que el diseño propuesto del relleno sanitario tiene la misma ubicación que el diseño actual; por lo tanto tiene las mismas condiciones meteorológicas.



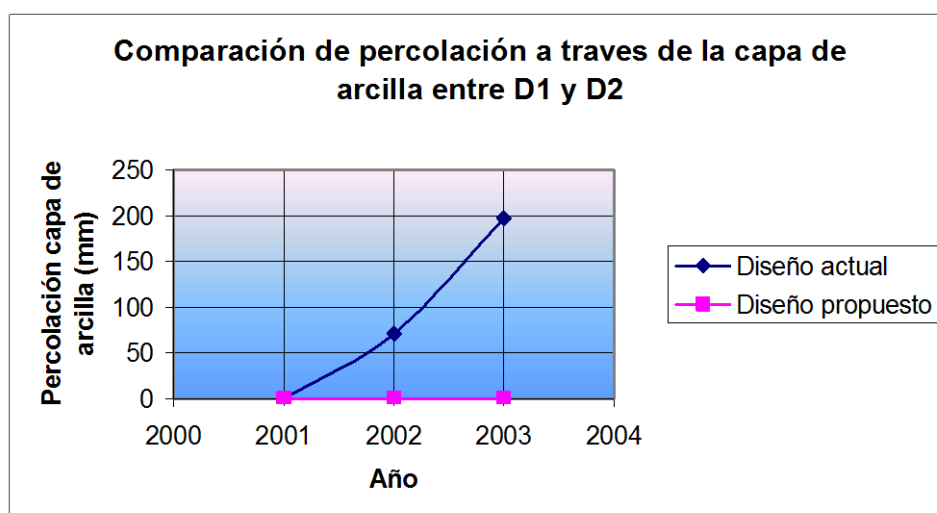
- En D1 tenemos menor escorrentía que en D2, esto está directamente relacionado con la textura del suelo (limo arenoso) usado en D1 la cuál es menos impermeable que el suelo (limo arcilloso) usado en D2.



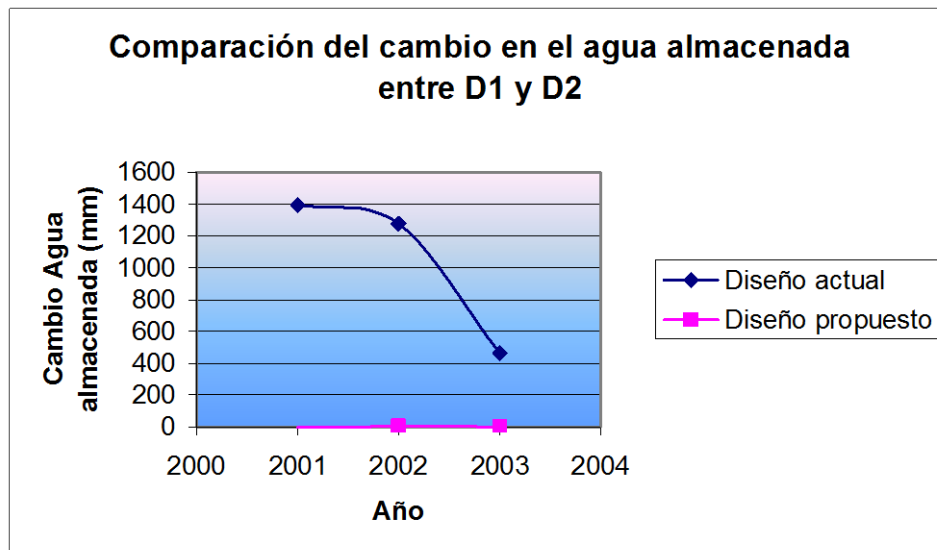
- En D2 tenemos mayor evapotranspiración que en D1, esto se debe a que este suelo tiene una mayor cubierta de césped por lo tanto hay mayor transpiración de la vegetación.



- En D2 tenemos menor percolación a través de la capa de arcilla que en D1, esto es debido principalmente a al doble revestimiento usado en la parte superior del relleno, además de otros factores como una mejor calidad de colocación de la geomembrana, el uso de una textura más impermeable de suelo en las capas superiores lo cuál detiene la percolación y sólo pasa una mínima cantidad a través de las diferentes capas y el espesor de la capa de arcilla es mayor y de mejor calidad.



- En D1 tenemos mayor cambio en el agua almacenada que en el D2, esto se debe a que en el diseño actual hay ganancia de agua, mientras que en el diseño propuesto hay pérdida de agua.



Resúmenes mensuales para cargas diarias en (cm)

- En el D1 hay un mayor promedio diario de la carga en la superficie de la capa 3 que en el D2, esto se debe a la calidad y espesores de los materiales usados en las diferentes capas.
- En el D1 hay la mayor desviación estándar diaria de carga en la superficie de la capa 3 que en el D2, esto es de acuerdo a las cantidades de carga que se dan en la capa de geomembrana.

5.2 Evaluación del diseño actual.

5.2.1 Características del Diseño actual del relleno sanitario del Inga Bajo:

Capas	Espesor
Capa de arcilla apisonada	10 cm
Geomembrana	0,15 cm
Capa de material filtrante	30 cm
Capa de basura	30 cm
Capa de tierra	15 cm
Celda	10 m
Capa de tierra después de cada celda	40 cm
Capa superior de suelo	40 cm

Cuadro 11. Disposición de capas en el relleno sanitario actual del Inga Bajo
FUENTE: CORPSYS

$$30 \text{ cm} * 21 = 630$$

$$15*21= 315 + 40 = 355$$

$$630+355 = 985$$

5.2.2 Ventajas:

- Los costos de construcción van a ser menores ya que no se implementa otra capa de geomembrana y de drenaje lateral, se usa material del suelo propio de zona, evitando de igual manera los costos de transporte de los mismos.
- El volumen de escorrentía es menor, con lo cuál se necesita una menor implementación de cunetas perimetrales.

5.2.3 Desventajas:

- Se genera mayor cantidad de lixiviados, debido a que no posee una impermeabilización en la parte superior del relleno y las aguas lluvias van a infiltrarse en el suelo fácilmente.
- Los costos del tratamiento de los lixiviados van a ser superiores debido a que hay un mayor volumen de generación de lixiviados en el relleno sanitario.
- Puede darse contaminación de las aguas subterráneas y subsuelos, ya que existe una mayor precolación a través de la capa de arcilla del fondo del relleno.

5.2.4 Costos del Diseño actual del Relleno sanitario del Inga Bajo.

ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	TOTAL	%
A	Estudios y diseños definitivos.	glb	1	200000	200000	0,7
B	Construcción					
1	Excavación cunetas encauzamiento y estructuras.	m ³	1419	3,5	4966,5	0,02
2	Hormigón estructural 210 Kg. /cm ²	m ³	825	111,73	92177,25	0,03
3	Excavación en Suelo	m ³	500000	1,34	670000	2,35
4	Geomembrana de Polietileno 1,5mm termofundida	m ²	442000	4,67	2064140	7,24
5	Sub base clase II	m ³	51000	16,16	824160	2,89
6	Tubería polietileno HD 200 mm	m	34000	15,45	525300	1,84
7	Tubería polietileno HD 300 mm	m	12697	35,02	444648,94	1,56
8	Tubería polietileno HD 600 mm	m	3584,33	49,44	177209,275	0,62
9	Material de filtros	m ³	1133,33	23,74	26905,2542	0,94
10	Chimeneas para venteos de gases del relleno	m	16858,33	60,12	1013522,8	3,56
11	Material de cobertura de 15-30cm	m ³	680000	2,51	1706800	5,99
12	Geomembrana de Polietileno 0,5mm de espesor	m ²	124666,67	3,67	457526,679	1,61
13	Arena para filtro provisión y colocación	m ³	11333,33	19,1	216466,603	0,76
14	Limpieza y mant. de áreas Internas y externas	Ha	13,33	53,73	716,2209	0
15	Instalaciones eléctricas	glb	1	14501,28	14501,28	0,05
16	Bascula de Pesaje	glb	1	38490,16	38490,16	0,14
17	Áreas administrativas y comedores	glb	1	128116,8	128116,8	0,45
18	Vía de Acceso	Km.	6	300000	1800000	0,45
19	Expropiación y Compra de Terrenos.	Ha	482,98	2182,95	1054321,19	6,31
				Subtotal =	11459969	
C	Operación y mantenimiento.					
20	Esparcido, conformación y compactación de RSU	Ton	5581991,79	2,83	15797036,8	55,4
21	Manejo de residuos Sólidos.	Ton	5581991,79	1,09	6084371,05	21,4
22	Tratamiento de lixiviados.	m ³	946080	7	6622560	23,2
				TOTAL =	39763936,8	

Cuadro13. Costos del diseño actual del relleno sanitario.

FUENTE: EMASEO

5.3 Evaluación del diseño propuesto.

5.3.1 Características del Diseño Propuesto del relleno sanitario del Inga Bajo:

Capas	Espesor
Capa de arcilla apisonada	50 cm
Geomembrana	0,15 cm
Capa de material filtrante	30 cm
Capa de basura	30 cm
Capa de tierra	15 cm
Celda	10 m
Capa de tierra después de cada celda	40 cm
Capa de arcilla apisonada	30 cm
Geomembrana	0,15 cm
Capa de material filtrante	30 cm
Capa superior de suelo	60 cm

Cuadro 12. Disposición de capas en el Relleno Sanitario propuesto del Inga Bajo

FUENTE: Autor basado en varios diseños.

$$\begin{aligned}30 \text{ cm} * 21 &= 630 \\15 * 21 &= 315 + 40 = 355 \\630 + 355 &= 985\end{aligned}$$

5.3.2 Ventajas:

- Al disponer de drenaje lateral en la parte superior del relleno (capa 2) y una geomembrana debajo del mismo (capa 3), evitamos el paso de agua por las diferentes capas de basura y tierra con lo cuál estas aguas no se van a contaminar. Con esto logramos disminuir notablemente la cantidad de lixiviados.
- Si se genera menor cantidad de lixiviados y éstos no se contaminan se evita los costos del tratamiento de los mismos.

- Se evita la contaminación de aguas subterráneas y subsuelos, ya que la percolación a través de la geomembrana del fondo del relleno es mínima.
- Se va a lograr una mejor adaptación al paisaje.
- Los costos de operación y mantenimiento van a ser van a ser menores

5.3.3 Desventajas:

- Los costos de construcción van a ser mayores dado que en este diseño se ha implementado otra capa de geomembrana y de drenaje lateral, además se utiliza una mejor calidad de suelos y un mayor espesor en algunas capas (arcilla, cobertura final de suelo).
- Se va a generar una alta cantidad de escorrentía por la impermeabilización del relleno, la cuál si no se controla adecuadamente con sistemas como cunetas perimetrales y drenajes superficiales puede afectar con la erosión hídrica de zonas aledañas.

5.3.4 Costos del Diseño Propuesto del Relleno sanitario del Inga Bajo.

ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	TOTAL	%
A	Estudios y diseños definitivos.	glb	1	200000	200000	0,7
B	Construcción					
1	Excavación cunetas encauzamiento y estructuras.	m ³	1419	3,5	4966,5	0,02
2	Hormigón estructural 210 kg / cm ²	m ³	825	111,73	92177,25	0,03
3	Excavación en Suelo	m ³	500000	1,34	670000	2,35
4	Geomembrana de Polietileno 1,5mm termofundida	m ²	442000	4,67	2064140	7,24
5	Geomembrana de Polietileno 1,5mm termofundida	m ²	442000	4,67	2064140	7,24
6	Sub base clase II	m ³	51000	16,16	824160	2,89
7	Sub base clase II	m ³	51000	16,16	824160	2,89
8	Tubería polietileno HD 200 mm	m	34000	15,45	525300	1,84
9	Tubería polietileno HD 300 mm	m	12697	35,02	444648,94	1,56
10	Tubería polietileno HD 600 mm	m	3584,33	49,44	177209,275	0,62
11	Material de filtros	m ³	1133,33	23,74	26905,2542	0,94
12	Chimeneas para venteos de gases del relleno	m	16858,33	60,12	1013522,8	3,56
13	Material de cobertura de 15-30cm	m ³	680000	2,51	1706800	5,99
14	Material de cobertura de 15-30cm	m ²	680000	2,51	1706800	6,99
15	Geomembrana de Polietileno 0,5mm de espesor	m ²	680000	2,51	1706800	6,99
16	Arena para filtro provisión y colocación	m3	11333,33	19,1	216466,603	0,76
17	Arena para filtro provisión y colocación	m3	11333,33	19,1	216466,603	0,76
18	Limpieza y mant. de áreas Internas y externas	Ha	13,33	53,73	716,2209	0
19	Instalaciones eléctricas	glb	1	14501,28	14501,28	0,05
20	Bascula de Pesaje	glb	1	38490,16	38490,16	0,14
21	Áreas administrativas y comedores	glb	1	128116,8	128116,8	0,45
22	Vía de Acceso	Km	6	300000	1800000	0,45
23	Expropiación y Compra de Terrenos.	Ha	482,98	2182,95	1054321,19	6,31
				Subtotal =	17520808,9	
C	Operación y mantenimiento.					
24	Esparcido, conformación y compactación de RSU	ton	5581991,79	2,83	15797036,8	55,4
25	Manejo de residuos Sólidos.	ton	5581991,79	1,09	6084371,05	21,4
				TOTAL =	39202216,7	

Cuadro14. Costos del diseño Propuesto del Relleno Sanitario del Inga Bajo

FUENTE: Autor en base a información de EMASEO

Capítulo VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

6.1.1 Conclusiones generales sobre el programa HELP.

- Se verificó que el Programa de computación HELP si puede ser aplicado para la simulación de diseño del relleno sanitario del Inga Bajo ya que dentro del programa existe la opción crear / editar en la cuál el usuario ingresa una serie de datos manualmente de las condiciones climáticas y edáficas que existe en la zona del Relleno sanitario de la ciudad de Quito.
- Los resultados que nos proporciona el programa son estimaciones del balance hídrico que se da en el relleno, las mismas que se compararon con los valores reales generados en el relleno del Inga Bajo, dándonos valores muy aproximados.
- El programa HELP facilita el uso de unidades ya sea en el sistema métrico, en unidades americanas o una combinación de las mismas, con lo cual el usuario no tiene inconvenientes de transformar todos los datos en una misma unidad.
- El programa puede usarse en casi todo tipo de computadores ya que los requerimientos del Hardware y del Software son mínimos. Este factor es muy importante ya que el usuario no se ve en la tarea de buscar computadores más sofisticados.
- El uso del programa es sencillo siempre y cuando se estudie previamente el manual de usuario HELP, además se debe tener un conocimiento básico acerca de diseño de rellenos para facilitar el ingreso y la interpretación de datos.
- El programa requiere datos muy técnicos y específicos para lo cuál el usuario debe conseguir la mayor información posible acerca de datos climatológicos, de diseño y suelo del Relleno sanitario que se quiera diseñar o evaluar.
- El programa HELP obtiene resultados que pueden ser usados para comparar la producción potencial de lixiviado de diseños alternativos y de esta manera seleccionar y disponer el tamaño apropiado de drenaje y sistemas de colección, además de disponer de facilidades para el tratamiento de lixiviados.

6.1.2 Conclusiones sobre el diseño actual y el diseño propuesto para el Relleno Sanitario del Inga Bajo.

- El costo que obtenemos del diseño propuesto es menor que en el diseño actual dado que en este diseño la generación de los lixiviados es mínima, por lo tanto evitamos el costo del tratamiento de los lixiviados. En cuanto al beneficio es mayor en el diseño propuesto ya que se reduce notablemente el riesgo de contaminar el agua y suelo.
- En el diseño propuesto hay mayor escorrentía que en el diseño actual, esto se debe a la textura del suelo. Si tenemos una buena textura de suelo (areno limo arcilloso) vamos a evitar que el agua se filtre y produzca los lixiviados; al mismo tiempo es necesario la implementación de cunetas perimetrales para el agua que escurre.
- En el diseño actual existe una fuga de lixiviados a través de la capa de arcilla; mientras en el diseño propuesto este valor es mínimo, lo cual implica que el diseño actual debe implementar un sistema de revestimiento doble en la parte superior del relleno, además debe tener una mejor textura de suelo, mayor espesor en la capa de arcilla y en la capa de cubierta final del suelo, debe mejorarse la calidad del colocación de la geomembrana para que exista un buen contacto entre ésta y el suelo, así se evita la formación de arrugas con lo cuál se reduce el riesgo de perforaciones de la misma.
- Para el diseño actual es necesario colocar en la parte superior del relleno una capa de suelo para el crecimiento de vegetación; la calidad de colocación de césped debe ser excelente; de esta manera se controla la infiltración y se previene la erosión, además mejorar el paisaje.
- Basándonos en la literatura escrita en el Capítulo 1 podemos decir que el Relleno Sanitario del Inga Bajo tiene sus pro y sus contra en cuanto al emplazamiento del relleno en este sitio.

Entre sus pro tenemos: la pendiente del lugar es la adecuada (5%), el nivel freático se encuentra bajo los 50 metros con lo cuál se reduce el riesgo de contaminar las aguas subterráneas con lixiviados; el espesor es mayor a 9 metros con lo cuál tenemos material disponible de cobertura.

En cuanto a los contra tenemos: la textura del suelo no es la adecuada por ser muy permeable (limo arenoso).

Dado que los problemas van encaminados a la textura de suelo y la permeabilidad del mismo, se debe proceder a la impermeabilización del suelo del relleno, primero con una capa de arcilla apisonada y luego con una geomembrana, lo cuál implica mayores gastos. Si esto se lo realiza con técnicas de ingeniería adecuadas el Relleno sanitario del Inga Bajo si puede funcionar en este lugar.

6.2. Recomendaciones.

6.2.1 Recomendaciones generales sobre el programa HELP.

- Es indispensable el estudio del manual de usuario HELP para el uso correcto del programa, así como para obtener resultados confiables. Esto nos proporciona seguridad a la hora de usar el programa, nos evita cometer errores y mal interpretaciones.
- Dentro de las opciones para ingresar datos de clima se recomienda la opción Crear / Editar, ya que las otras opciones (Sintéticos, NOAA Tape, Climate data, ASCII, HELP 2, Canadiense) sirven para simular rellenos sanitarios de Estados Unidos y Canadá.
- Dentro de la opción (Datos de diseño y suelo), se recomienda el uso de textura de suelo predefinido, el mismo que se encuentra en el Anexo 2. Debido a que nos proporciona directamente los valores de porosidad, capacidad de campo, punto de marchitez y conductividad hidráulica saturada.
- Dentro de la opción (Datos de diseño y suelo), se recomienda el uso del número de curva calculado por el modelo HELP basado en la pendiente de superficie de relleno, longitud de la pendiente, la textura del suelo de la capa de la superficie, y la cubierta vegetativa, ya que es más fácil conseguir estos datos mencionados que asignar un valor directamente al número de curva de escorrentía.
- Para obtener los datos climatológicos de la zona donde se va a ubicar al relleno Sanitario se puede recurrir al INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), el cual tiene algunas estaciones que pueden estar cerca y servir de referencia del lugar.
- El programa le permite rectificar los datos que pudo haber ingresado de forma errónea para la simulación de diseño y sobrescribir la nueva información. Esto es recomendable cuando la mayor parte de información está correcta y así no volver a ingresar todos los datos nuevamente.
- Se recomienda también los valores predefinidos que existen para la profundidad de la zona de evaporación basada en la textura del suelo y el Índice de área máxima de hoja (LAI) basada en la posición de cubierta vegetal.

- Si luego de algunos años de terminado del relleno queremos una estimación del balance hídrico del mismo, debemos realizar varias simulaciones, ya que el programa no toma en cuenta el envejecimiento del relleno.
- Se recomienda realizar algunas pruebas de simulación antes de la original para estar más familiarizados con el funcionamiento del programa y así evitar confusiones y pérdida de tiempo.

6.2.2 Recomendaciones sobre diseños de rellenos sanitarios.

- Se recomienda la impermeabilización en la parte superior del relleno usada en el diseño propuesto puesto que nos reduce los costos del tratamientos de lixiviados, ya que las aguas lluvias no se ven contaminadas al atravesar las diferentes capas de basura.
- Es muy adecuado el uso de geotextiles sobre la geomembrana para evitar cortaduras de la misma ya que tiene un efecto antipunzonante, con lo cual evitamos que los lixiviados se filtren y contaminen las aguas y suelos subterráneos.
- Es necesario que se realicen estudios antes de asignar un sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cual se toman en cuenta muchos parámetros siendo de mucha importancia el nivel freático del suelo, la textura del suelo y que no tenga riesgos a fenómenos naturales como deslizamientos e inundaciones.

GLOSARIO.

HELP: Evaluación Hidrológica para la Ejecución de Rellenos.

Porosidad: Es el volumen de espacios vacíos en el suelo; esto nos indica cuanta agua puede almacenar el suelo.

Capacidad de campo: Se refiere también como el contenido volumétrico de agua que permanece en el suelo después de un periodo prolongado de drenaje gravitacional.

Punto de marchitez: es el punto a partir del cuál la fuerza de succión de las plantas no puede vencer las fuerzas con que el agua es retenida al suelo y por lo tanto se marchita.

Se refiere al menor contenido de agua en el suelo que puede ser logrado por la transpiración de la planta.

Saturación: Cuando todo el espacio de poros en el suelo está lleno con agua.

Conductividad hidráulica: Se conoce también como el coeficiente de permeabilidad o coeficiente de filtración. Es usado en la ecuación de Darcy.

Líquido percolado o lixiviado: Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos

Índice de área de hoja (LAI) : está definido como la proporción del área de la hoja por donde transpira la vegetación en el área de suelo donde la vegetación está creciendo.

Evapotranspiración: La evapotranspiración es la cantidad de agua, expresada en mm /día, que es efectivamente evaporada desde la superficie del suelo y transpirada por la cubierta vegetal.

Geomembrana: es un material impermeable que sirve para recubrir la base y las superficies laterales del relleno.

Geotextil: es un material que tiene resistencia a la tracción, al punzonado, al rasgado, al envejecimiento ; sirve de protección para la geomembrana.

Escorrentía: proceso de escurrimiento superficial de las aguas procedentes de precipitaciones

Relleno sanitario: Es una técnica para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública.

Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los desechos sólidos en un área la menor posible, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, y luego cubriendo los desechos sólidos depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al fin de cada jornada.

Desecho sólido: Se entiende por desecho sólido todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros.

La profundidad de zona de evaporación: Es la máxima profundidad donde el agua puede ser removida por evapotranspiración.

BIBLIOGRAFÍA:

- Hector Collazos Peñaloza. Ramón Duque Muñoz. Residuos sólidos. Bogotá (1998)
- Castro, Borishilov. Manual para el Manejo de residuos Sólidos en medianos y grandes municipios. (2000)OIKOS.
- George Tchobanoglous, Gestión integral de residuos sólidos.(1994). McGraw Hill.
- Friedrich Nicolás Elortegui, Fundamentos de Tecnología ambiental .Madrid (2000).
- Texto Unificado de Legislación Secundaria.
- www.disasterinfo.net/desplazados/publicaciones/Saneamiento/2/rellensan.htm
- www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm
- <http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo2.html>
- www.scisoftware.com/products/solid_waste_overview/solid_waste_overview.htm
- www.miliarium.com/Proyectos/Vertederos/RSU/Software/Modsimulvrsu.htm#HELP
- <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/uscsM2.htm>
- <http://www.esducambiente.cl/doc/4%20UN%20RELLENO%20QUE%20CUMPLE.doc>.
- http://www.ifam.go.cr/publish/article_243.html#arriba
- http://www.uesp.gov.co/html/relleno_sanitario.html
- www.mambiente.munimadrid.es/residuos_solidos/dep_rsu/LAS_DEHESAS/verted.htm

- www.miliarium.com/Proyectos/Vertederos/RSU/Docproyecto/Planos/Diseno/Tratlax.htm
- http://www.uesp.gov.co/html/relleno_sanitario.html
- http://www.cepis.opsoms.org/eswww/tecapropiada/desinfec/rellenos_sanitarios.htm
- <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/residuos-urbanos/relleno.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos14/contamin-relleno/contamin-relleno.shtml>
- http://www.mundilink.com/magisterio/espacio_verde.html
- <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/residuos-urbanos/relleno.htm>
- www.foro-z.com/cms/download/Directrices_nación.pdf
- INAMHI
- Fundación Natura.
- CORPSYS.
- EMASEO

ANEXOS

ANEXO 1.

Marco legal : Anexo 6, Libro VI del Texto Unificado de la Legislación Secundaria Ambiental.

Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición de Desechos sólidos no peligrosos.

Introducción:

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Esta Norma establece los criterios para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta su disposición final. La presente Norma Técnica no regula a los desechos sólidos peligrosos.

La presente norma técnica determina o establece:

- De las responsabilidades en el manejo de desechos sólidos
- De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos
- Normas generales para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la entrega de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Normas generales para la recolección y transporte de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la transferencia de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno manual.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado.
- Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos.

Objeto.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso aire, agua y suelo.

El objetivo principal de la presente norma es salvaguardar, conservar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes al manejo y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos deberán realizarse en los términos de la presente Norma Técnica.

Clasificación.

Esta norma establece los procedimientos generales en el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde la generación hasta la disposición final; y las normas de calidad que deben cumplir los desechos sólidos no peligrosos para cumplir con estándares que permitan la preservación del ambiente.

Se presenta la siguiente clasificación:

- De las responsabilidades.
- De las prohibiciones.
- Normas generales para el manejo de los Desechos Sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la entrega de desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Normas generales para la recolección y transporte de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para la transferencia de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos.
- Normas generales para el saneamiento de los botaderos de desechos sólidos.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno manual.
- Normas generales para la disposición de desechos sólidos no peligrosos, empleando la técnica de relleno mecanizado.
- Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos.

ANEXO 2

Características predefinidas de suelo, desechos y geomembrana.

Clasificación.			Porosidad Total.	Capacidad de Campo	Punto de Mzarchitez	Conductividad hidráulica saturada.
HELP	USDA	USCS	Vo l/ Vol.	Vol / Vol	Vol / Vol	cm/sec
1	CoS	SP	0.417	0.045	0.018	1.0×10^{-2}
2	S	SW	0.437	0.062	0.024	5.8×10^{-3}
3	FS	SW	0.457	0.083	0.033	3.1×10^{-3}
4	LS	SM	0.437	0.105	0.047	1.7×10^{-3}
5	LFS	SM	0.457	0.131	0.058	1.0×10^{-3}
6	SL	SM	0.453	0.190	0.085	7.2×10^{-4}
7	FSL	SM	0.473	0.222	0.104	5.2×10^{-4}
8	L	ML	0.463	0.232	0.116	3.7×10^{-4}
9	SiL	ML	0.501	0.284	0.135	1.9×10^{-4}
10	SCL	SC	0.398	0.244	0.136	1.2×10^{-4}
11	CL	CL	0.464	0.310	0.187	6.4×10^{-5}
12	SiCL	CL	0.471	0.342	0.210	4.2×10^{-5}
13	SC	SC	0.430	0.321	0.221	3.3×10^{-5}
14	SiC	CH	0.479	0.371	0.251	2.5×10^{-5}
15	C	CH	0.475	0.378	0.265	1.7×10^{-5}
16	Suelo de barrera		0.427	0.418	0.367	1.0×10^{-7}
17	Bentonita Mat (0.6 cm)		0.750	0.747	0.400	3.0×10^{-9}
18	Desechos municipales (900 lb/yd ³ or 312 kg/m ³)		0.671	0.292	0.077	1.0×10^{-3}
19	Desechos Municipales (canales y zonas muertas)		0.168	0.073	0.019	1.0×10^{-3}
20	Drenaje Neto (0.5 cm)		0.850	0.010	0.005	1.0×10^{-1}
21	Grava		0.397	0.032	0.013	3.0×10^{-1}
22	L*	ML	0.419	0.307	0.180	1.9×10^{-5}
23	SiL*	ML	0.461	0.360	0.203	9.0×10^{-6}
24	SCL*	SC	0.365	0.305	0.202	2.7×10^{-6}
25	CL*	CL	0.437	0.373	0.266	3.6×10^{-6}
26	SiCL*	CL	0.445	0.393	0.277	1.9×10^{-6}
27	SC*	SC	0.400	0.366	0.288	7.8×10^{-7}

28	SiC*	CH	0.452	0.411	0.311	1.2×10^{-6}
29	C*	CH	0.451	0.419	0.332	6.8×10^{-7}
30	Carbón ardiente eléctrico Ceniza volante de la planta*		0.541	0.187	0.047	5.0×10^{-5}
31	Carbón ardiente eléctrico Ceniza del fondo de la planta*		0.578	0.076	0.025	4.1×10^{-3}
32	Incinerador Municipal Ceniza volante*		0.450	0.116	0.049	1.0×10^{-2}
33	Escoria de Cobre fino*		0.375	0.055	0.020	4.1×10^{-2}
34	Drenaje neto (0.6 cm)		0.850	0.010	0.005	3.3×10^{-1}

* Moderadamente compacto

Cuadro 15. Características predefinidas de suelo y desechos .

FUENTE: Manual de usuario del Programa HELP.

Clasificación.	Porosidad Total	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez	Conductividad hidráulica saturada.
Material de geomembrana.	Vol / vol	Vol / vol	Vol / vol	cm /sec
Polietileno de alta densidad (HDPE)				2.0×10^{-13}
Polietileno de baja densidad (LDPE)				4.0×10^{-13}
Poli cloruro de vinilo (PVC)				2.0×10^{-11}
Caucho de butilo				1.0×10^{-12}
Clorhidrato de Polietileno (CPE)				4.0×10^{-12}
Clorosulfanato de Polietileno. (CSPE)				3.0×10^{-12}
Monómero de Etileno-Propileno (EPDM)				2.0×10^{-12}
Neoprene				3.0×10^{-12}

Cuadro 16. Características predefinidas de geomembrana.

FUENTE: Manual de usuario del Programa HELP.

El usuario puede asignar las características del suelo a una capa usando la opción predefinida, el usuario define la opción de la tierra. Este anexo muestra las características predefinidas para 42 tipos de suelo y materiales. Los tipos de textura del suelo son clasificados según dos sistemas estandarizados, el sistema de clasificación de textura del Departamento Americano de Agricultura y el Sistema de Clasificación de Suelo Unificado. Las características predefinidas de los tipos de suelo (1 a 15) son típicas de los suelos superficiales que pueden estar menos consolidadas y más aireadas que los suelos generalmente colocados en los rellenos.

Las Arcillas y cienos en los rellenos generalmente se compactan excepto dentro de la capa vegetativa para promover el crecimiento vegetativo. La textura del suelo (22 a 29) son suelos compactados. La textura de suelo 18 es representativa de los desechos sólidos municipales compactados; el 19 es casi igual al anterior pero tiene canales y zonas. Las texturas 16 y 17 son suelos arcillosos muy bien compactados y se utilizan como suelo de barrera. El usuario asigna las características de la suelo predefinidas a una capa especificando el número apropiado para el tipo material.

Sistema unificado de clasificación de suelos USCS.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) deriva de un sistema desarrollado por A. Casagrande para identificar y agrupar suelos en forma rápida en obras militares durante la guerra.

Este sistema divide los suelos primero en dos grandes grupos, de granos gruesos y de granos finos. Los primeros tienen más del 50 por ciento en peso de granos mayores que 0,08 mm; se representan por el símbolo G si más de la mitad, en peso, de las partículas gruesas son retenidas en tamiz 5 mm, y por el símbolo S si más de la mitad pasa por tamiz 5 mm.

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la graduación: W, buena graduación con poco o ningún fino; P, graduación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O).

Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

Para mayor comprensión se describe el procedimiento de clasificación:

Clasificación de Suelos de granos gruesos (más de 50% retenido en 0,08 mm)

Clasifique la muestra como grava (G), si el 50%, o más de la fracción gruesa ($> 0,08$ mm) es retenida en tamiz 5 mm, y clasifíquela como arena (S), si más del 50% de la fracción gruesa ($> 0,08$ mm) pasa por tamiz 5 mm.

Clasifique la muestra como grava bien graduada (GW), o arena bien graduada (SW)

Clasifique la muestra como grava pobremente graduada (GP), o arena pobremente graduada (SP).

Clasifique la muestra como grava limosa (GM), o **arena limosa (SM)**.

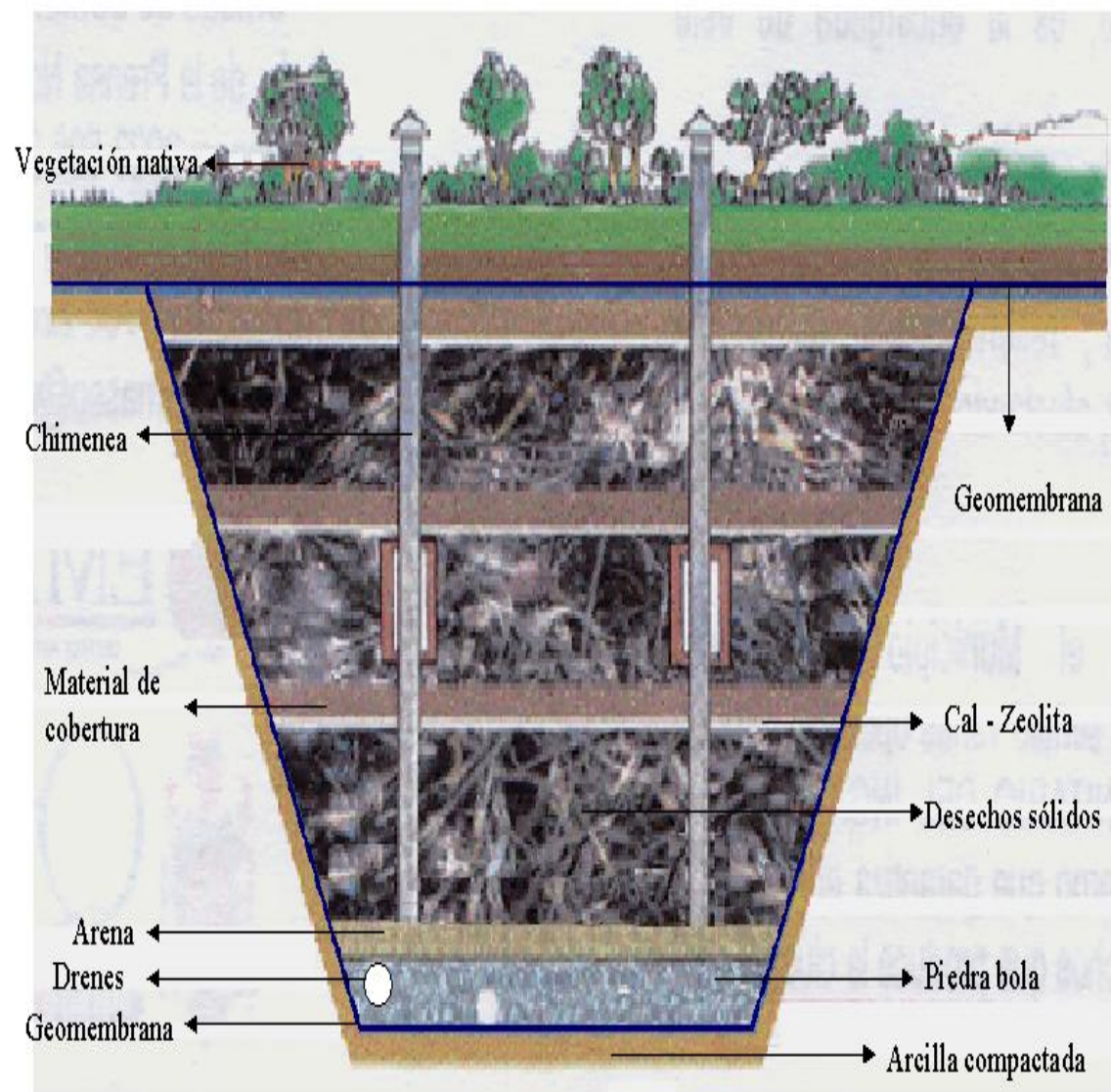
Clasifique la muestra como grava arcillosa (GC), o arena arcillosa (SC).

ANEXO 3.

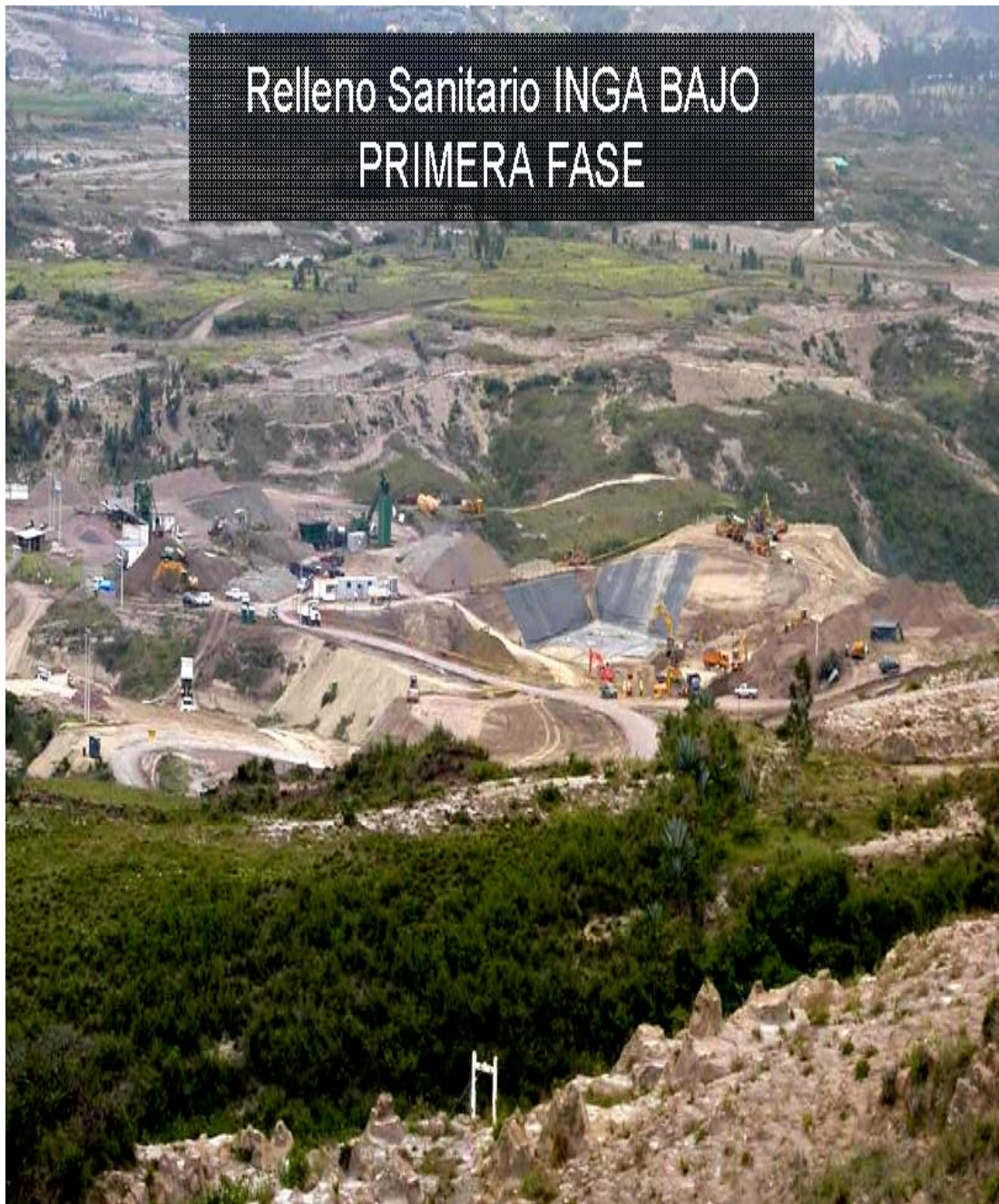
Fotografías del Relleno Sanitario del Inga Bajo.



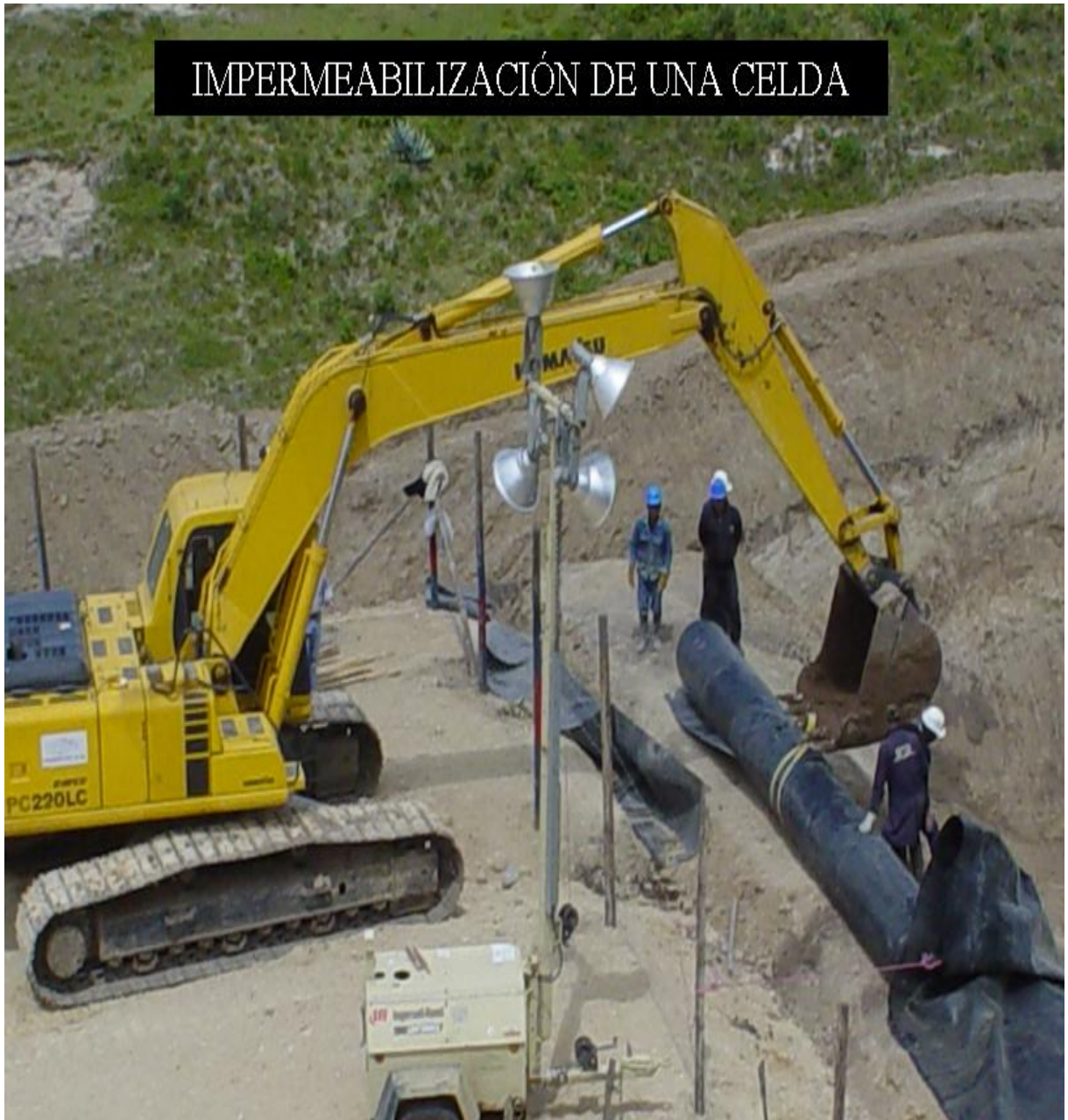
DISEÑO DE CELDA



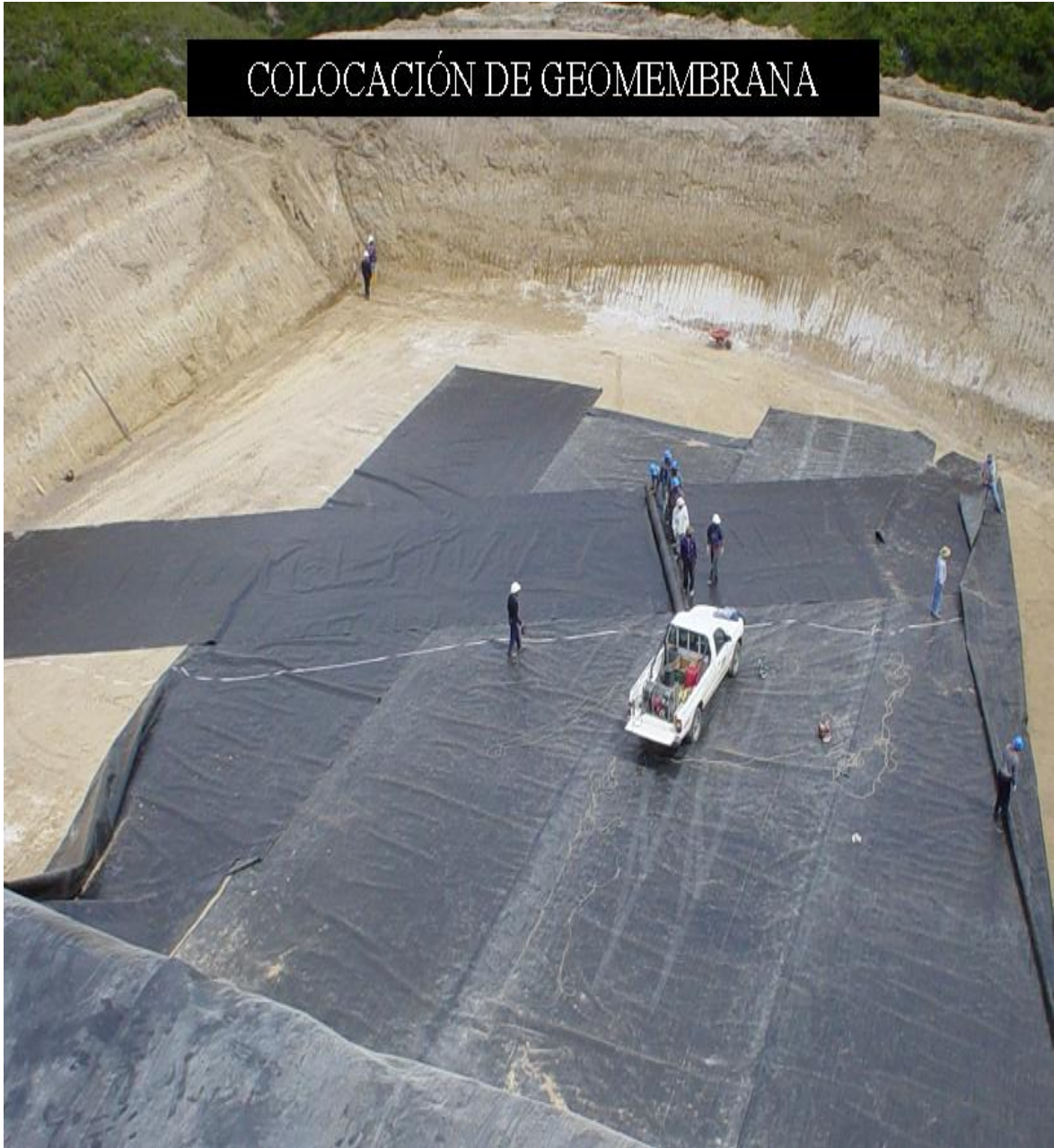
Relleno Sanitario INGA BAJO PRIMERA FASE



IMPERMEABILIZACIÓN DE UNA CELDA



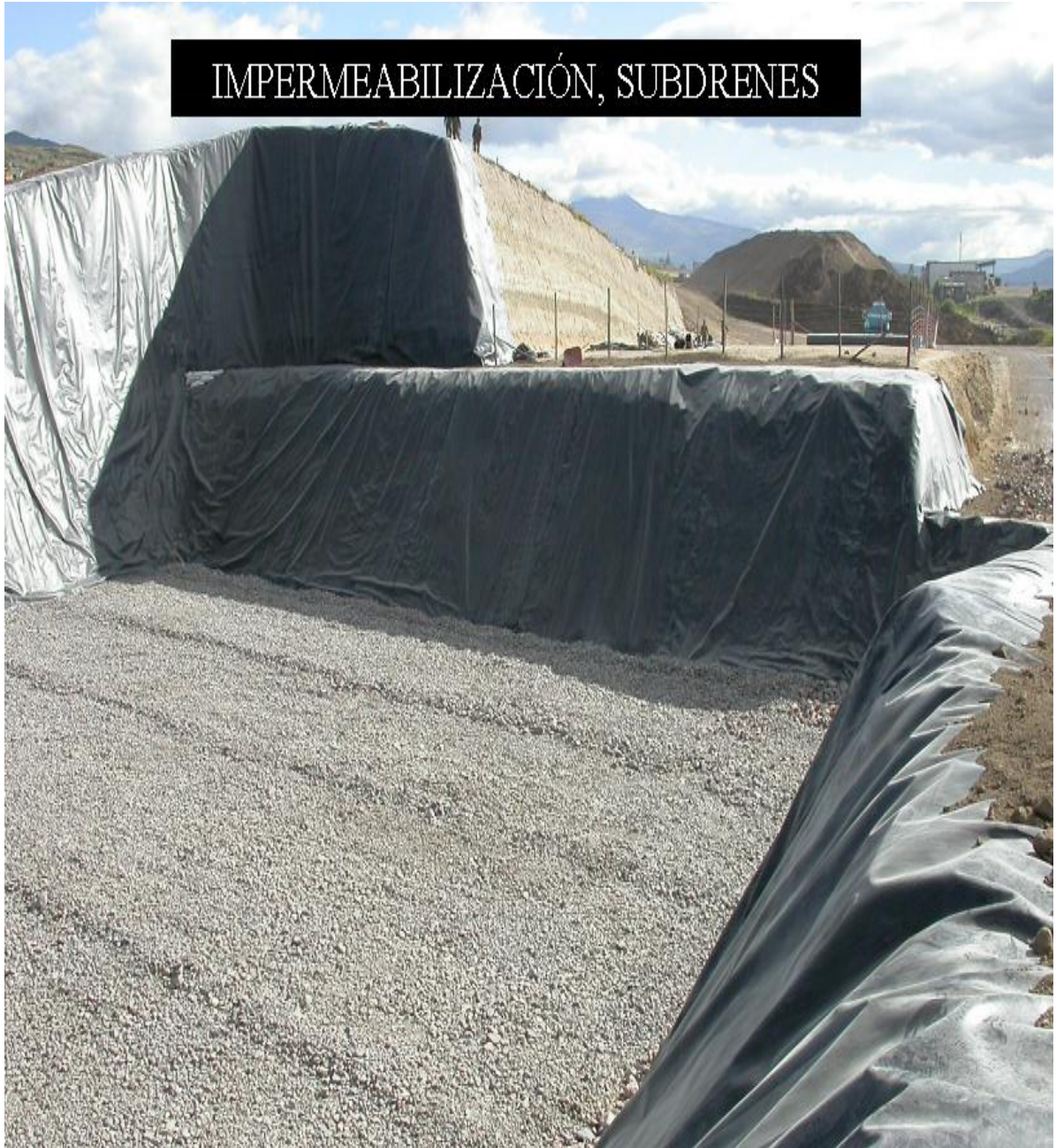
COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA



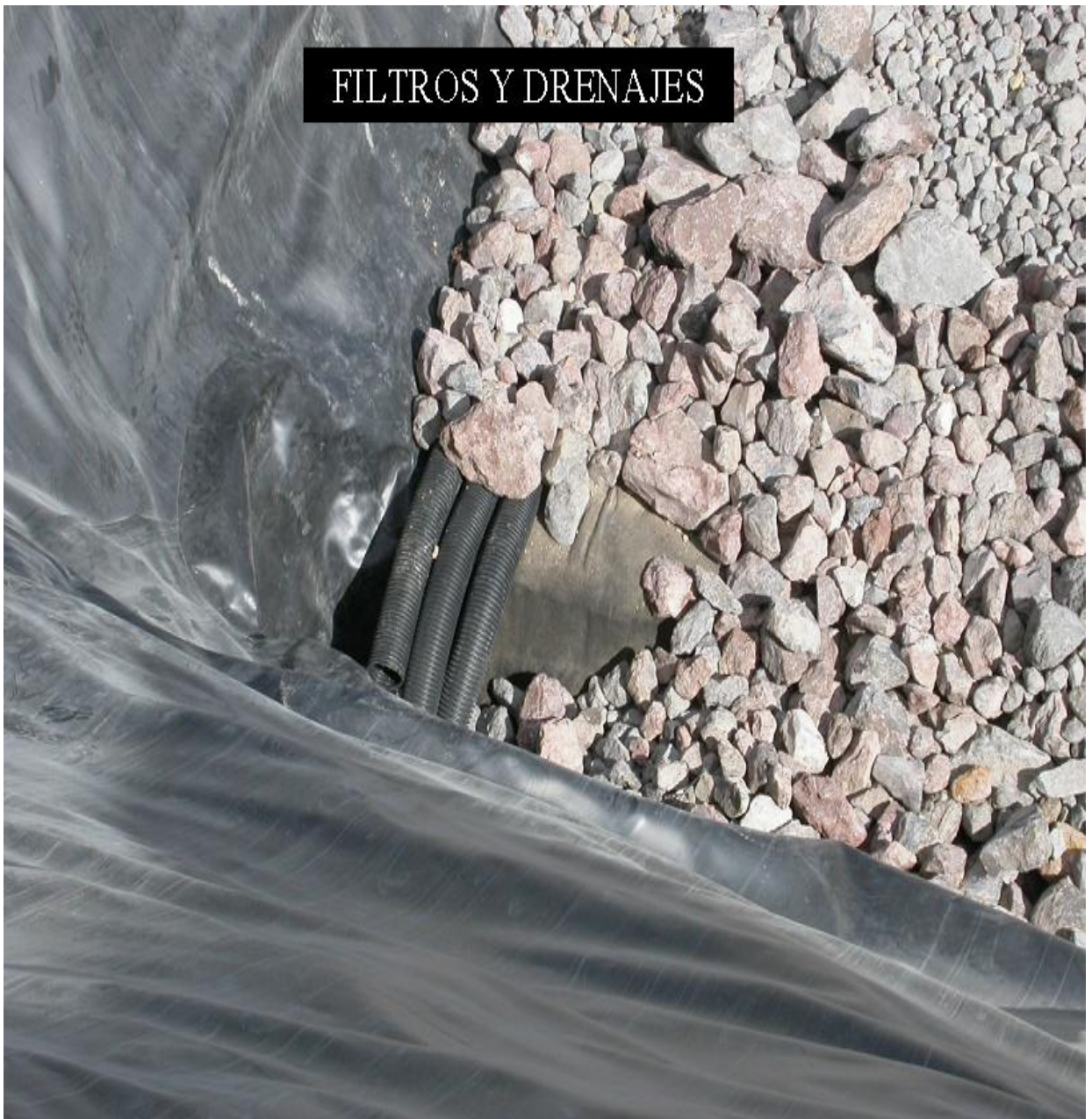
TERMOSUELDA DE GEOMEMBRANA



IMPERMEABILIZACIÓN, SUBDRENES



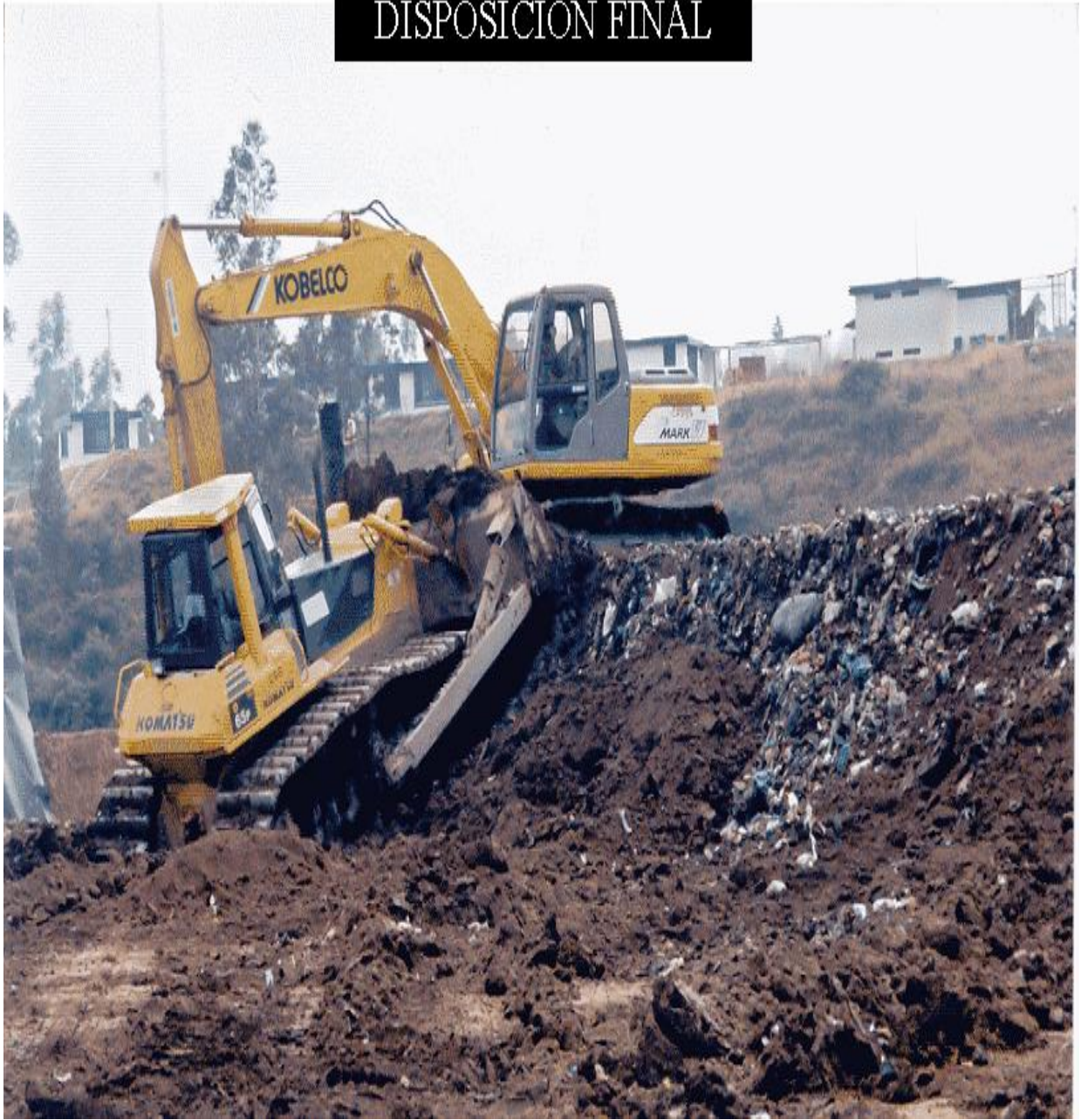
FILTROS Y DRENAJES

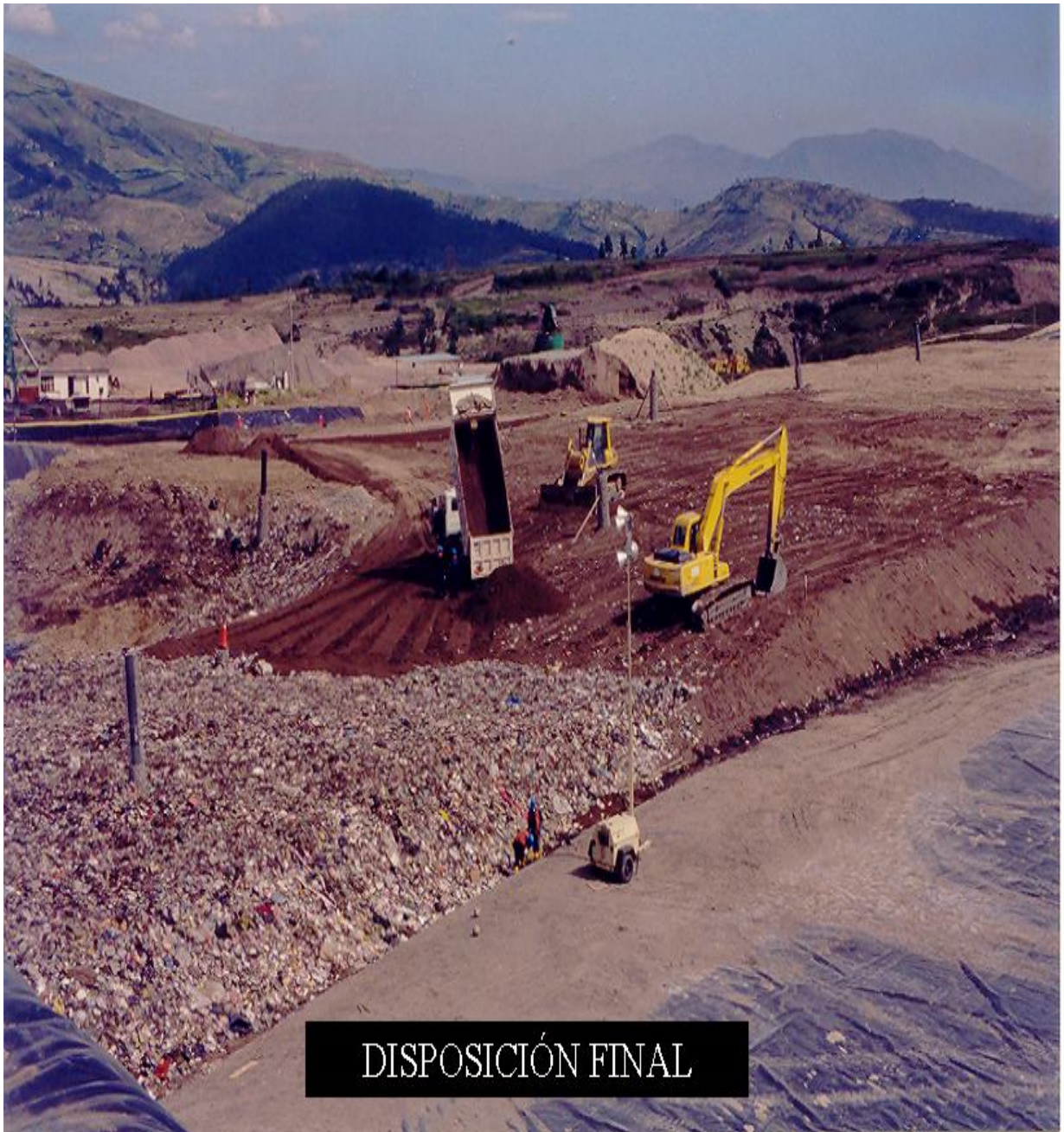


TENDIDO Y POSTERIOR COMPACTACION DE BASURA



DISPOSICIÓN FINAL





DISPOSICIÓN FINAL



CHIMENEA DE BIOGAS



CHIMENEAS DE BIOGAS
INSTALADAS

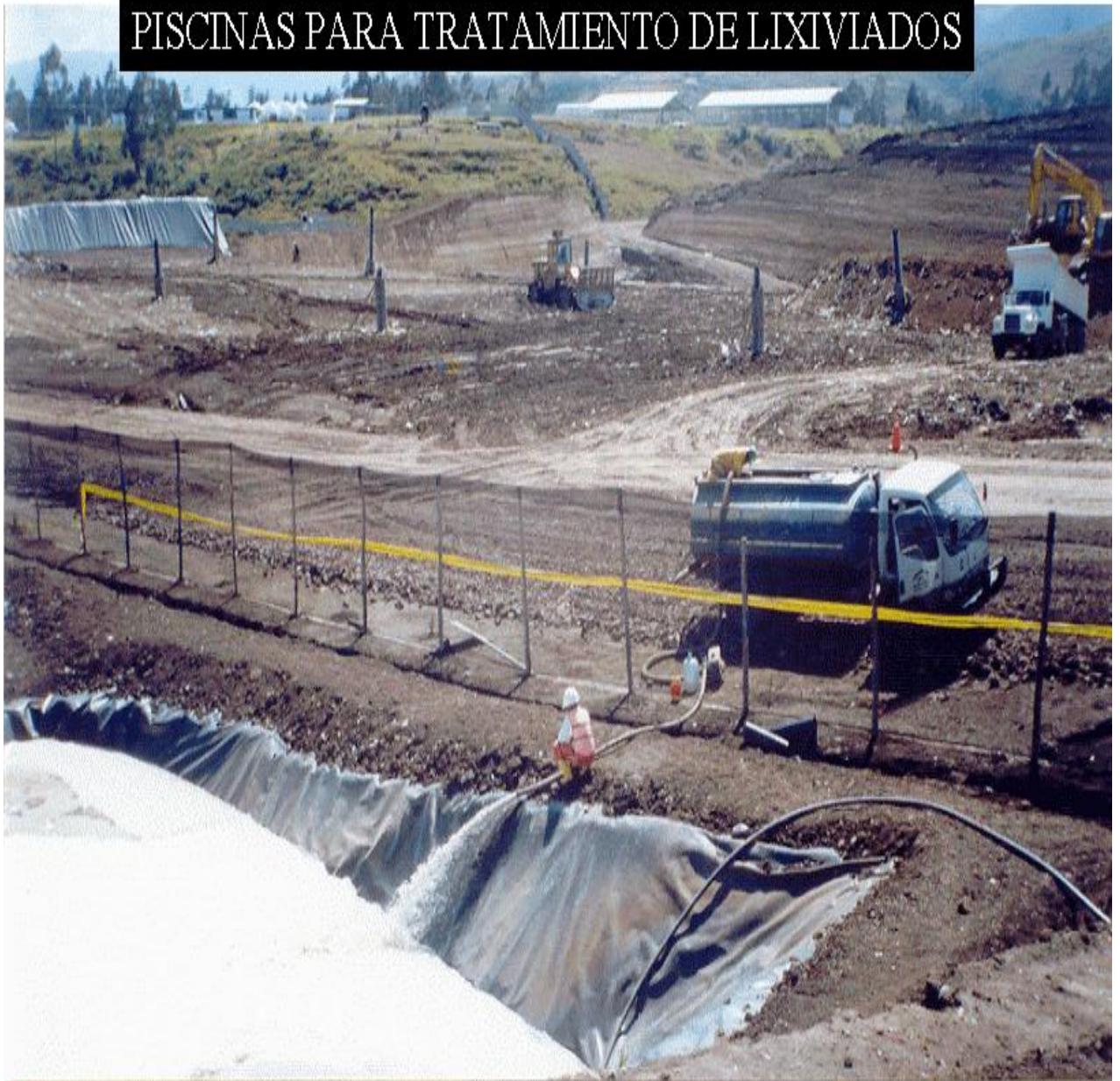


VISTA DE CHIMENEAS DE BIOGAS
EN EL RELLENO

FASE DE CONSTRUCCION TANQUES DE RECOLECCION DE LIXIVIADOS

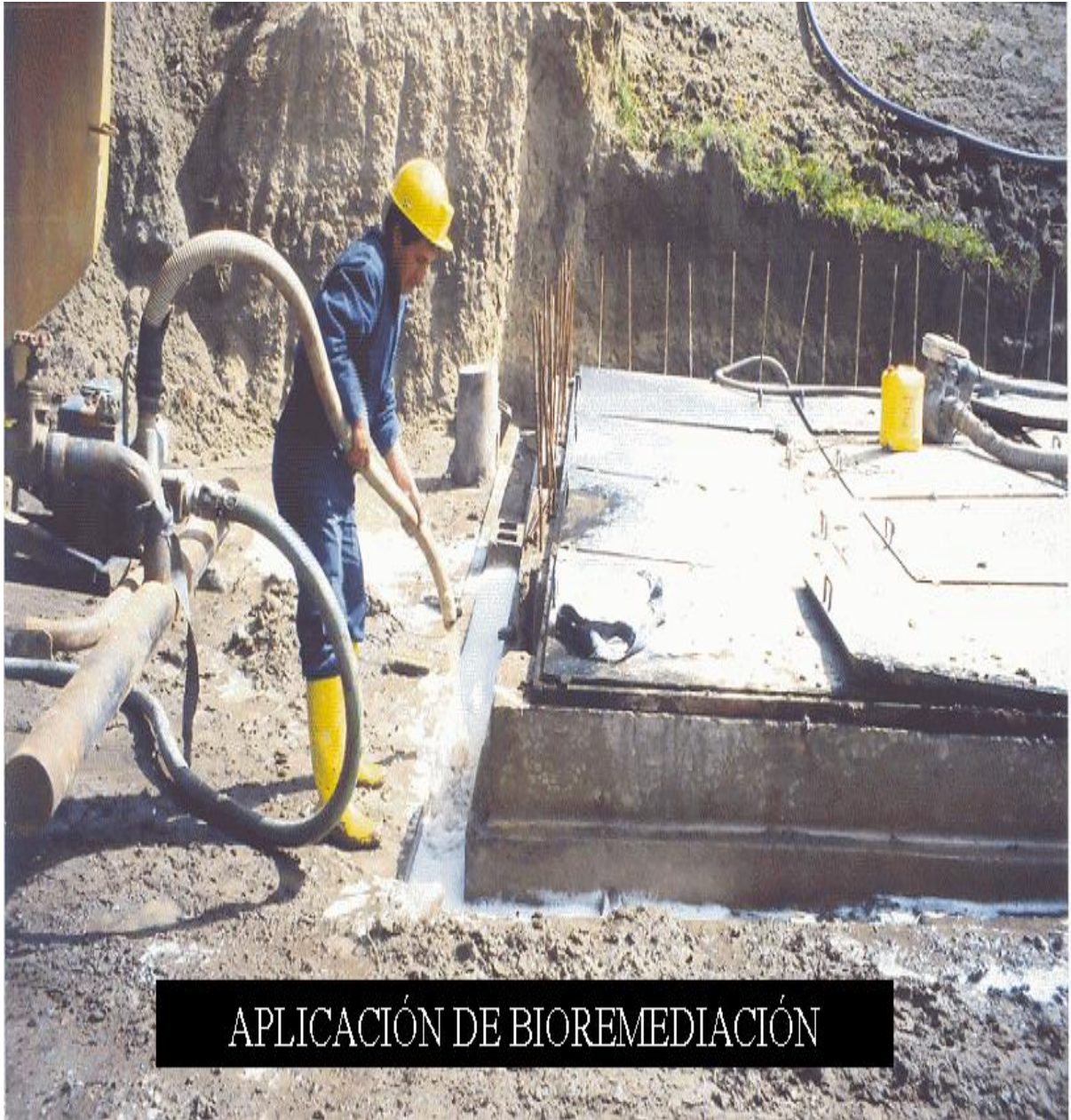


PISCINAS PARA TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS





PREPARACIÓN DE BIOREMEDIACIÓN



APLICACIÓN DE BIOREMEDIACIÓN