

**FORMULACION DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y
DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y
OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE
LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS**



**FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL
MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DE LETICIA

CONSORCIO RS-6

Bogotá, D.C. Agosto de 2007

FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

FORMULACION DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS



**Hoja Control
Informe de Avance**

Versión: 1	Elaboró: Consortio RS - 6	Revisó: W. Borda	Aprobó: G. Medina	Fecha aprobación: Agosto/2007
	Vo.Bo.	Vo.Bo.	Vo.Bo.	

Este reporte ha sido preparado por el Consorcio RS-6 con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con el cliente.

El Consorcio RS-6 niega cualquier responsabilidad con el cliente y con otros por cualquier materia fuera del alcance anterior.

Este informe es confidencial al cliente, no acepta cualquier responsabilidad en absoluto, si otros tienen acceso a parte o a la

Anotaciones:

Tabla de Contenido

Introducción	9
1 Descripción general del proyecto.....	11
1.1 Parámetros básicos	11
1.2 Etapas del proyecto	11
2 Procedimientos de Operación y mantenimiento	13
2.1 FICHA RS-01. Adecuación inicial del terreno	13
2.1.1 Descripción del sistema	13
2.1.2 Impactos y objetivos ambientales	14
2.1.3 Procedimientos	14
2.1.4 Reglas de operación y de manejo ambiental.....	21
2.1.5 Eventos de emergencia.....	23
2.1.6 Seguimiento y Monitoreo	24
2.2 FICHA RS-02. Conformación de niveles y secuencia de llenado	24
2.2.1 Descripción del sistema	24
2.2.2 Impactos y objetivos ambientales	25
2.2.3 Procedimientos	26
2.2.4 Reglas de operación y de manejo ambiental.....	29
2.2.5 Eventos de emergencia.....	31
2.2.6 Seguimiento y Monitoreo	32
2.3 FICHA RS-03. Manejo de aguas lluvias	33
2.3.1 Descripción del sistema	33
2.3.2 Impactos y objetivos ambientales	33
2.3.3 Procedimientos	33
2.3.4 Eventos de emergencia.....	34
2.3.5 Seguimiento y Monitoreo	35
2.4 FICHA RS-04. Cobertura final	35
2.4.1 Descripción del sistema	35
2.4.2 Impactos y objetivos ambientales	35
2.4.3 Procedimientos	36
2.5 FICHA RS-05. Sistema de manejo de lixiviados	37
2.5.1 Descripción del sistema	37
2.5.2 Reglas de operación	45

FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

2.5.3	Eventos de emergencia.....	49
2.5.4	Seguimiento y Monitoreo	50
2.5.5	Impactos y objetivos ambientales.....	51
2.5.6	Procedimientos	51
2.5.7	Reglas de operación	53
2.5.8	Eventos de emergencia.....	53
2.5.9	Seguimiento y Monitoreo	53
2.6	FICHA RS-06. Mantenimiento general de las Instalaciones.....	54
2.6.1	Descripción del sistema.....	54
2.6.2	Procedimientos	55
2.7	FICHA RS-07. Higiene, salud ocupacional y seguridad industrial	56
2.7.1	Descripción del sistema.....	56
2.7.2	Reglas de operación	60
2.8	FICHA RS-08. Monitoreo y control de la operación	61
2.8.1	Descripción del sistema.....	61
2.8.2	Procedimientos	62
2.8.3	Reglas de operación	69
2.8.4	Eventos de emergencia.....	69
2.9	FICHA RS-09. Organización para la Operación	70
2.9.1	Descripción del sistema.....	70
2.9.2	Reglas de operación	75
2.10	FICHA RS-10. Compensación Forestal.	75
2.10.1	Descripción del sistema	75
2.10.2	Impactos y objetivos ambientales	76
2.10.3	Procedimientos.....	76
2.10.4	Seguimiento y Monitoreo	77
2.11	FICHA RS-11. Información y participación a la comunidad	78
2.11.1	Descripción del sistema	78
2.11.2	Impactos y objetivos ambientales	78
2.11.3	Procedimientos.....	78
2.12	FICHA RS – 12. Sistema de atención y quejas.....	79
2.12.1	Descripción del sistema	79
2.12.2	Impactos y objetivos.....	80
2.12.3	Procedimientos.....	80
2.12.4	Seguimiento y Monitoreo	80
2.13	FICHA RS – 13. Educación Ambiental.....	81
2.13.1	Descripción del sistema	81
2.13.2	Impactos y objetivos.....	81
2.13.3	Procedimientos.....	81

2.13.4	Seguimiento y Monitoreo	83
2.14	FICHA RS-14. Programa de Clausura y Posclausura del Relleno	84
2.14.1	Descripción del sistema	84
2.14.2	Procedimientos.....	85
2.15	FICHA RS-15. Preparación de Informes.....	87
2.15.1	Descripción del sistema	87
2.15.2	Procedimientos.....	87
2.15.3	Reglas de operación.....	88
2.16	FICHA RS-16. Reglas Generales	88

Lista de tablas

Tabla 1-1.	Parámetros básicos de diseño. Relleno sanitario.	11
Tabla 2-1	Eventos de emergencia. Adecuación inicial del terreno	23
Tabla 2-2	Parámetros de seguimiento y monitoreo. Adecuación inicial	24
Tabla 2-3	Eventos de emergencia. Conformación de niveles y secuencia de llenado	31
Tabla 2-4	Parámetros de seguimiento y monitoreo. Conformación de niveles y secuencia de llenado	32
Tabla 2-5	Eventos de emergencia. Manejo de aguas lluvias	34
Tabla 2-6	Parámetros de seguimiento y monitoreo. Manejo de aguas lluvias.....	35
Tabla 2-7	Eventos de emergencia. Manejo lixiviados	50
Tabla 2-8.	Parámetros de seguimiento y monitoreo. Manejo de lixiviados.	50
Tabla 2-9	Eventos de emergencia. Manejo lixiviados	53
Tabla 2-10	Parámetros de seguimiento y monitoreo. Manejo de lixiviados. ...	53
Tabla 2-11	Elementos de protección personal.....	60
Tabla 2-12.	Parámetros de seguimiento y monitoreo. Compensación forestal.	77
Tabla 2-13.	Parámetros de seguimiento y monitoreo.....	79
Tabla 2-14.	Parámetros de seguimiento y monitoreo.....	80
Tabla 2-15.	Parámetros de seguimiento y monitoreo.....	84

Lista de figuras

Figura 2-1	Cerramiento del predio.....	17
Figura 2-2	Sistema de impermeabilización de fondo.....	19
Figura 2-3	Chimeneas de manejo de gases y filtros de drenaje vertical	31
Figura 2-4	Cobertura final del relleno.....	37
Figura 2-5	Limpieza de tubería de drenaje de lixiviados	56

Glosario de Términos

Las siguientes definiciones hacen referencia a los términos técnicos empleados en el presente manual.¹

- **Adecuación Inicial:** Acción de acondicionar el terreno natural y construir las obras de infraestructura necesarias para poder dar inicio a la disposición final de los residuos u operación normal del relleno. Comprende los movimientos de tierra, la colocación de sistema de impermeabilización de fondo, la construcción de filtros de recolección de lixiviados y las capas de residuos sólidos seleccionados.
- **Biogás:** Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable de las basuras, cuyos componentes principales son el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄). En menor proporción está compuesto de ácido sulfhídrico (H₂S), amoníaco (NH₄), mercaptanos y COVs,²
- **Caracterización de los residuos:** Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de un residuo sólido, identificando los materiales que componen los residuos y propiedades de interés con una finalidad específica.
- **Caseta de Registro:** Construcción ubicada a la entrada del relleno, donde se realiza el registro de los vehículos y residuos que ingresan o salen de las instalaciones del relleno sanitario.
- **Celda diaria:** Volumen conformado por los residuos, recepcionados en un día debidamente compactados.
- **Cobertura:** Material natural o sintético colocado, en forma definitiva o temporal, sobre la superficie expuesta de los residuos de acuerdo a las condiciones del trabajo.
- **Compactación:** Proceso de por unidad normalmente utilizado para incrementar el peso específico (densidad en unidades métricas) de los

¹ Las definiciones aquí presentadas fueron adaptadas por el autor a partir de las definiciones consignadas en la Resolución 1096 del año 2002.

² COVs: Compuestos orgánicos volátiles.

residuos dispuestos con el fin de reducir el espacio ocupado y lograr una mayor consistencia en la masa del relleno.

- **Chimeneas:** Estructuras de drenaje de los gases generados en el interior del relleno producto de la descomposición de los residuos y lixiviados presentes en el interior del mismo y diseñadas para su evacuación dirigida y forzada.
- **Densidad:** Masa o cantidad de materia de los residuos, contenida en una unidad de volumen, en condiciones específicas.
- **Disposición final:** Acción de almacenamiento permanente de los residuos sólidos sobre el suelo en sitios y en condiciones adecuadas para evitar daños a la población humana y/o al ambiente. Dicha disposición se inicia una vez se haya desarrollado la adecuación inicial del terreno.
- **Escorrentía:** Desplazamiento de agua lluvia sobre la superficie del relleno o terreno natural.
- **Frente de trabajo:** Cara frontal de la celda diaria donde se desarrollan todas las actividades inherentes a la preparación, descargue y compactación de los residuos para conformar la celda diaria.
- **Impermeabilización:** Sistema compuesto por un conjunto de capas localizadas en el fondo del relleno y pondaje fin de impedir migraciones de lixiviado, agua o gas hacia el suelo de fundación.
- **Lixiviado:** Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de las basuras bajo condiciones aeróbicas y aneróbicas o como resultado del escurrimiento de la humedad y del agua lluvia percolada a través de los residuos en proceso de degradación.
- **Lodo:** Suspensión de materiales en un líquido proveniente de los procesos de sedimentación primaria, secundaria o precipitación de sólidos dentro de un sistema de manejo de aguas residuales.
- **Nivel:** Estrato completo de residuos conformado de un conjunto de celdas diarias a igual altura.
- **Permeabilidad:** Propiedad que tiene los cuerpos de permitir el paso de un fluido a través de él.

- **Pondaje:** Estanque o piscina impermeabilizada previsto como sistema de almacenamiento y control de lixiviados.
- **Secuencia de llenado:** Orden que se establece para realizar el llenado de cada nivel y la conformación final del relleno.
- **Sistema de recolección de lixiviados:** Red de drenaje dispuesta en el fondo o zonas intermedias del relleno para captar y transportar en forma rápida, el lixiviado generado en el interior del mismo hacia el exterior.
- **Tratamiento de lixiviados:** Conjunto de operaciones, procesos o técnicas encaminadas a la eliminación, transformación y/o la disminución de la concentración de contaminantes presentes en el agua residual y de esta manera poder disponerlos en un cuerpo de agua o suelo sin causar impacto significativo.
- **Tratamiento biológico:** Tratamiento tecnológico que utiliza bacterias u otros organismos para consumir residuos orgánicos biodegradables.
- **Vectores:** Organismos, generalmente insectos o roedores que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro, con potencialidad para llegar hasta el ser humano.

Introducción

Para su utilización ágil, el presente manual se ha configurado a partir de fichas específicas para cada una de las actividades, procesos u obras asociadas a la operación, mantenimiento y manejo ambiental del relleno. Estas fichas son:

FICHA RS-01	Adecuación inicial del terreno
FICHA RS-02	Conformación de niveles y llenado del relleno
FICHA RS-03	Manejo de aguas lluvias
FICHA RS-04	Cobertura final y chimeneas de extracción de gas
FICHA RS-05	Sistema de manejo de lixiviados
FICHA RS-06	Mantenimiento general de las instalaciones
FICHA RS-07	Higiene, salud ocupacional y seguridad industrial
FICHA RS-08	Monitoreo y control de la operación
FICHA RS-09	Organización para la operación
FICHA RS-10	Compensación forestal.
FICHA RS-11	Información y comunicación a la comunidad.
FICHA RS 12	Sistema de atención de quejas.
FICHA RS 13	Educación ambiental
FICHA RS-14	Programa de clausura y postclausura
FICHA RS-15	Preparación de informes.
FICHA RS-16.	Reglas generales

Cada ficha representa un programa y presenta la siguiente estructura:

- **Descripción del sistema.** Corresponde a la descripción y especificaciones técnicas de las actividades.
- **Impactos y objetivos ambientales.** Corresponde a los impactos que potencialmente pueden causar las actividades y las metas o propósitos del proyecto para mejorar el desempeño ambiental y controlar los impactos ambientales.
- **Procedimientos.** Comprende la descripción de las actividades a desarrollar por parte del operador, siguiendo los documentos de diseño y las medidas de manejo ambiental fijadas por el estudio de impacto ambiental.
- **Reglas de manejo y control ambiental.** Comprende los estándares que se deben respetar para garantizar que las actividades se van a

desarrollar adecuadamente desde el punto de vista técnica y ambiental.

- **Eventos de emergencia.** Corresponde a los posibles eventos no rutinarios que pueden llegar a presentarse y las medidas de prevención y control correspondientes.
- **Monitoreo y control ambiental.** Corresponde a la definición de indicadores de carácter técnico y ambiental para evaluar el desempeño de la actividad.

1 Descripción general del proyecto

1.1 Parámetros básicos

En la tabla 1-1 se presenta los parámetros básicos de diseño para el relleno sanitario del Municipio de Leticia.

Tabla 1-1. Parámetros básicos de diseño. Relleno sanitario.

Parámetro	Valor
Vida útil	30 años
Municipios	Leticia
Producción de residuos (2007) *	28,14 t/d
Tipo de residuos	Sólidos ordinarios domésticos
Tipo de relleno	Tipo trinchera, llenado por niveles.
Cantidad residuos 30 años	545,483 tons
Densidad de compactación:	0,60 ton/m ³
Altura de la celda:	2,50 m
Relación de cobertura promedio	1,12 m ³ relleno/m ³ residuos
Manejo de gases	Evacuación pasiva (chimeneas)
Tratamiento de lixiviados	Tratamiento biológico
Tipo de operación	Mecánica (maquinaria).
Localización	17 Km + 200m del casco urbano de Leticia.

* Tomado del PGIR Leticia. 2005

Fuente: Informe de diseño relleno

1.2 Etapas del proyecto

Un relleno sanitario constituye un proyecto que puede ser descrito como el conjunto ordenado de etapas que incluyen los estudios y la explotación adecuada del terreno de tal forma que se garanticen la minimización y control de los impactos ambientales previstos. Las etapas del proyecto son las siguientes:

- **Adecuación inicial del terreno.** Comprende el conjunto de obras civiles que se realizan para adecuar el terreno y que son necesarias para dar inicio a la recepción de los residuos sólidos. La adecuación inicial involucra no solamente la adecuación del sitio para el relleno sino las obras complementarias requeridas como las vías, instalaciones eléctricas, acometidas de agua, caseta de registro, báscula, oficinas, etc.

- **Operación.** Comprende el periodo durante el cual se deprecian y disponen los residuos sólidos. De acuerdo con el horizonte del estudio, este periodo debe ser de 15 años. La operación incluye a su vez obras de adecuación del terreno en las nuevas fases o terrazas de disposición del relleno.
- **Clausura.** Comprende el conjunto de obras que se realizan con motivo del cierre del relleno, de tal forma que se garantice la estabilidad geotécnica del relleno y el control ambiental del proyecto. Permite preparar el relleno para el periodo de postclausura y su duración puede ser de 2 a 6 meses.
- **Postclausura.** Comprende el periodo de postoperación, orientado a realizar mantenimiento y seguimiento al relleno, de tal forma que se garantice su estabilidad geotécnica y se controlen los posibles impactos hacia el medio ambiente. El periodo depende de la tasa de estabilización biológica del relleno y puede durar hasta 20 años después de clausurado el relleno.

2 Procedimientos de Operación y mantenimiento

2.1 FICHA RS-01. Adecuación inicial del terreno

2.1.1 Descripción del sistema

Para dar inicio a la recepción y disposición normal de los residuos sólidos en el relleno se deben adelantar las labores de adecuación del terreno, consistentes en un conjunto de obras civiles y ambientales, de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas de diseño. La adecuación inicial del terreno comprende la construcción de las siguientes obras:

- Mejoramiento de la vía de acceso existente.
- Mejoramiento del cerramiento del predio.
- Manejo de aguas lluvias que ingresan al predio del proyecto.
- Construcción de canal principal de drenaje.
- Preparación del fondo y taludes del terreno (desmonte, descapote, excavación y rellenos)
- Construcción drenes y subdrenes para el drenaje de agua subsuperficial.
- Adecuación del terreno donde se van a disponer los residuos (Construcción de la Trinchera 1).
- Construcción del sistema de recolección de lixiviados de fondo.
- Construcción canales de aguas lluvias.
- Construcción sistema de manejo y tratamiento de lixiviados.
- Construcción de la tubería de conducción de lixiviados hasta el pondaje.
- Construcción del primer pondaje de lixiviados.
- Construcción de pozos de monitoreo perimetral.
- Construcción instalaciones eléctricas.

2.1.2 Impactos y objetivos ambientales

N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Pérdida de la capa orgánica	Remoción de la capa orgánica durante las labores de adecuación del terreno para vías, trincheras y demás obras civiles	Recuperar el suelo orgánico (tierra negra) y reutilizarlo en obras de revegetalización.
2	Generación de procesos denudativos	Arrastre de material de suelo y particulado por acción del agua lluvia en zonas descapotadas, de excavación y de relleno en suelo natural; así como en las zonas de manejo de material sobrante.	Minimizar y controlar los procesos erosivos.
3	Deterioro físico del suelo	Deterioro del suelo en zonas que no van a ser intervenidas.	Minimizar la afectación (paso de personal y maquinaria) por zonas que no se van a intervenir.
4	Deterioro del paisaje	Desmejoramiento de las condiciones estéticas y paisajística asociadas al desarrollo de las obras civiles.	Minimizar el deterioro estético de la obra.
5	Deterioro de la calidad del aire	Afectación causada por emisión de automotores, tránsito por vías internas y exposición de material sobrante.	Minimizar las emisiones de contaminantes al aire.
6	Deterioro de la calidad del agua superficial.	Vertimientos de aguas domésticas y de agua lluvia que arrastra material de suelo y sedimentos en zonas principalmente descapotadas y desprovistas de vegetación.	Minimizar el vertimiento de sedimentos a los drenajes de agua lluvia.
7	Reducción de la cobertura vegetal	Remoción de árboles para instalar las obras.	Compensar la pérdida de árboles.
8	Reducción de hábitats naturales	Asociado a la remoción de árboles	

2.1.3 Procedimientos

La adecuación inicial debe acogerse a lo establecido en los planos y especificaciones técnicas de diseño. Dicha adecuación comprende, entre otros, los siguientes aspectos:

- **Localización y replanteo**

Inicialmente se debe realizar una delimitación y localización de las obras que se van a desarrollar tales como vías, primera trinchera, primer pondaje, terraplenes, etc. Esta delimitación se debe realizar con el apoyo de una comisión de topografía, instalando estacas y siguiendo los planos de diseño. El replanteo permitirá identificar las zonas donde posteriormente se deben adelantar el desmonte, descapote, excavaciones y obras en general.

- **Desmonte**

El desmonte comprende el retiro de toda la vegetación presente en los sitios donde se adelantarían las obras de la adecuación inicial. Todo el material vegetal resultante del desmonte debe ser almacenado en forma ordenada en un área de la zona destinada a protección ambiental, donde no interfiera con el agua de escorrentía.

- **Descapote**

El descapote comprende el retiro de la tierra negra o capa orgánica del suelo del área que se está preparando. El material de descapote debe ser almacenado dentro del predio del proyecto de tal forma que no obstruya la escorrentía superficial de la zona y permita su utilización posterior en el desarrollo de la cobertura final del relleno. El almacenamiento se debe realizar en forma separada del material de desmonte y de las excavaciones en un área seleccionada para tal fin. Este material debe ser usado en los programa de empradización, reforestación e incluso en la cobertura final del relleno sanitario.

- **Excavaciones y rellenos**

Las excavaciones comprenden el retiro del material a una profundidad mayor a 20 cm con respecto al nivel actual del terreno natural. El material extraído de las excavaciones debe ser empleado en los rellenos que se requieran para la construcción de las vías internas y para la conformación de los terraplenes.

Las áreas de excavación debe ser delimitada mediante la colocación de chaflanes (estacas) en donde se indique la profundidad de las excavaciones y los rellenos. Se controlará que las pendientes longitudinales y transversales del fondo sean las especificadas en los planos de diseño.

- **Construcción de vía interna**

Para el caso de la vía interna, ésta se debe empezar a construir como parte de la adecuación inicial del terreno siguiendo las especificaciones geométricas y técnicas indicadas en los planos de diseño. Las especificaciones de la vía dependen de los tipos y flujo de vehículos. Sin embargo para su implementación ésta tendrá las siguientes especificaciones básicas:

Ancho	:	8.0 m. Con doble pendiente de bombeo
Cunetas	:	Dos de 1 metro de ancho cada una revestidas en concreto
Estructura	:	Afirmado.
Pendiente	:	Máxima del 5% en menos de 20 m.

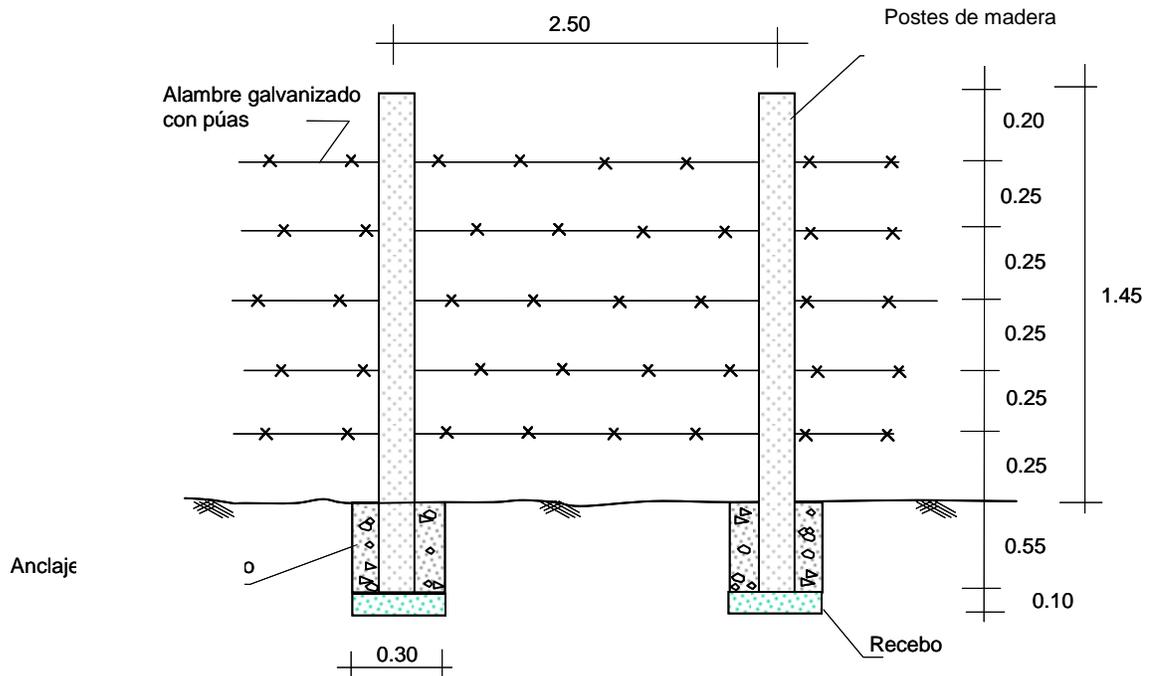
La vía debe incluir la respectiva señalización, de acuerdo con las condiciones particulares de la misma. En ese sentido se deben incorporar las señales de tipo informativas y preventivos indicadas en los diseños.

La vía, permitirá además acceder al área del relleno durante las obras de adecuación del terreno y para el tránsito de los vehículos durante la operación. Las cunetas deben estar conectadas a los canales principales previstos para el drenaje de aguas lluvias, de acuerdo con lo establecido en los planos de diseño.

- **Mejoramiento del cerramiento perimetral**

Durante la adecuación inicial se deberá mejorar el cerramiento perimetral que limita el proyecto con predios de propiedad privada, para lo cual se deberá colocar postes en madera y 6 líneas en alambre de púas (ver **Figura 2-1**). En la fase de adecuación inicial se puede instalar el cerramiento a la mitad del perímetro del predio o en aquellos tramos en donde sea muy necesario y el resto en una fase posterior.

Figura 2-1 Cerramiento del predio



- **Adecuación del fondo del relleno (Trinchera 1)**

La adecuación de la primera terraza constituye primera labor a desarrollar para dar inicio a la disposición de los residuos. La adecuación de la primera trinchera o vaso comprende la ejecución de las siguientes actividades:

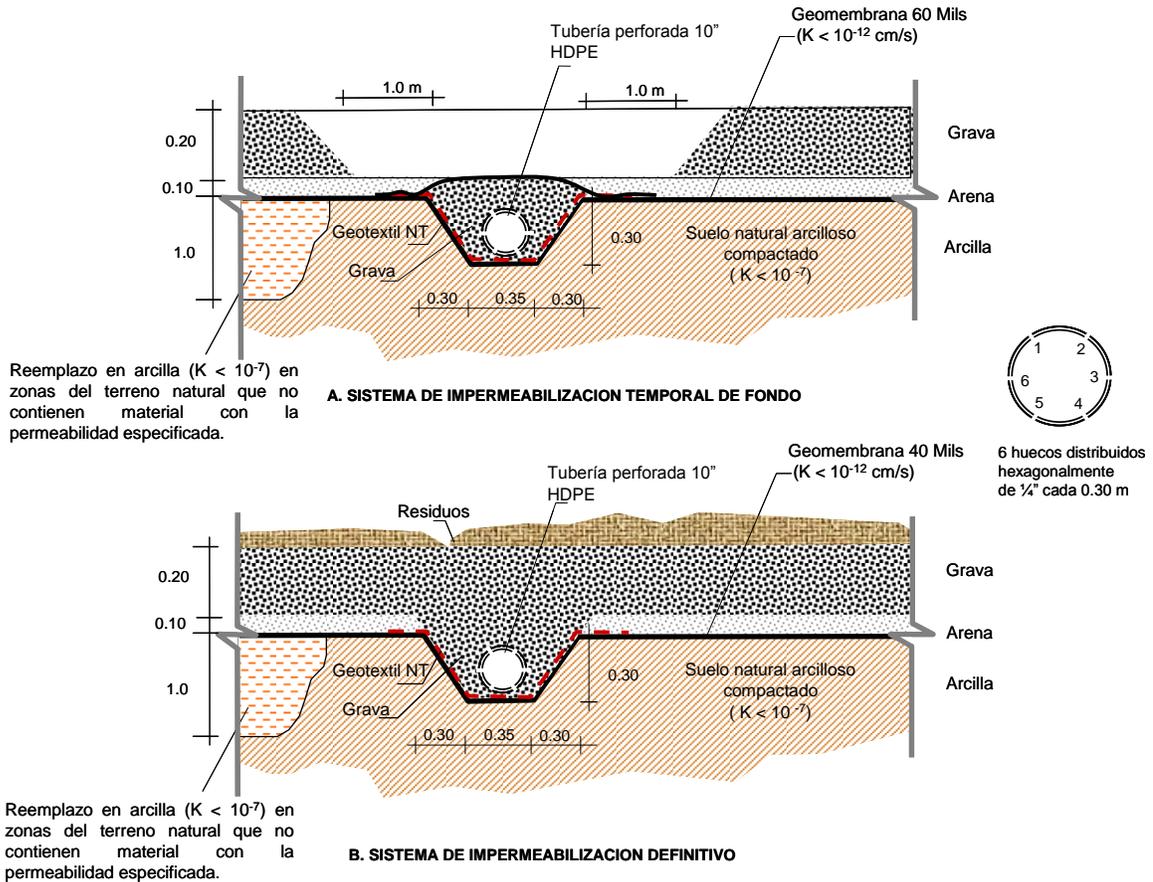
- ✓ Localización y replanteo en el terreno tal como se indicó anteriormente
- ✓ Desmonte y descapote tal como se indicó anteriormente.
- ✓ Excavación de fondo que debe realizarse hasta alcanzar las cotas y pendientes longitudinales y transversales definidas en los planos de diseño. Las pendientes de fondo varían de 2 al 4% para las pendientes longitudinales y del 2 a 3% para las pendientes transversales.
- ✓ Las pendientes de excavación se deben realizar en taludes 1H:1V; aunque se debe dar prioridad a las recomendaciones del estudio de suelos, para adecuarse a las condiciones del terreno. Este talud hace que se minimicen los volúmenes de relleno y se logre un balance favorable en movimientos de tierras.

- ✓ Los cortes pueden realizarse de tal forma que se conformen total o parcialmente los diques de estabilización que se definen en los planos de diseño. De otra parte, en caso de requerirse rellenos en algunas zonas del fondo del relleno se deberá remover el material de descapote y todo aquel material superficial que no cumpla con las especificaciones de los materiales previstos para relleno.
- ✓ Construcción de subdrenes y geodrenes. Con el fin de prevenir la presencia de humedad a la zona de relleno, se deben construir subdrenes o geodrenes en el fondo del terreno, de acuerdo con lo especificado en los planos de diseño. Esta labor se adelantará una vez se logren las cotas de excavación y previamente a la construcción del sistema de impermeabilización de fondo.

Construcción del sistema de impermeabilización de fondo, el cual involucra los siguientes aspectos (ver **Figura 2-2**):

- ✓ Compactación de la superficie de suelo natural en material arcilloso ($K = 1 \times 10^{-7}$ cm/s). En aquellas zonas del fondo donde no se encuentre material arcilloso con la especificación de permeabilidad indicada se realizará un reemplazo de material en un espesor de 1.0 m.
- ✓ La capa de arcilla de fondo deberá ser homogénea y deberá una permeabilidad menor o igual 1×10^{-7} cm/seg, para lograr este objetivo la compactación del suelo se puede realizar con una humedad de 2% a 3% por encima de la óptima y con un alto nivel de energía de compactación.
- ✓ Geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1.5 milímetros de espesor (calibre 60 Mils) ($K = 10^{-12}$ cm/s).
- ✓ En caso de que la superficie del suelo natural no sea muy homogénea y presente elementos rocosos que puedan deteriorar la geomembrana, se deben retirar y reparar la superficie mediante aplicación de arcilla.
- ✓ Colocación de una capa de protección de la geomembrana en material de arena de peña o de río (% finos menor al 25%) en un espesor de 0.10 m. Esta capa debe ser recubierta en geotextil en una distancia de 1.50 m a lado y lado del borde de zanja de los filtros de recolección de lixiviados.

Figura 2-2 Sistema de impermeabilización de fondo



- ✓ Colocación de una capa de material granular (Grava de 1 a 1.5"") en un espesor de 0.20 m.
- ✓ Construcción del filtro de recolección de lixiviados longitudinal y en dirección de la pendiente de fondo consistente en una tubería perforada de polietileno de alta densidad de 6 pulgadas de diámetro envuelta en material granular. Los filtros serán conformados sobre una zanja construida durante la excavación de fondo. En la parte baja de la trinchera la tubería de recolección de fondo será conectada a otra tubería de polietileno de alta densidad de 6 pulgadas (sin perforar) que conducirá el lixiviado hasta canal de recolección que lo conducirá al pondaje. Durante la adecuación inicial el filtro se instalará completamente sellado con geomembrana para impedir el ingreso de agua lluvia en la zona de la trinchera no rellena con residuos; durante la operación el sello se irá rompiendo a medida que se cubre con residuos.

Durante la adecuación inicial se debe construir el primer tramo de chimenea, el cual se debe apoyar sobre la capa drenante de fondo. La chimenea está compuesta por un gavión de 1 metro x 1 metro, de donde sale la tubería perforada de polietileno de alta densidad, de 0.15 m de diámetro.

En la parte superior de cada terraza y sobre el terreno natural deberán construirse canales temporales en tierra que permitan proteger el área del relleno del agua de escorrentía proveniente de las zonas superiores, mientras se adelantan las obras.

- **Construcción sistema de manejo de lixiviados**

El sistema para el manejo de lixiviados consiste en un tubería de conducción que conduce los lixiviados hasta un pondaje, de donde los lixiviados llegan a un tanque UASB, y finalmente llegan a un humedal. Se tiene previsto la construcción de dos pondajes para recibir los lixiviados de las 11 trincheras del relleno. En la primera etapa del proyecto se construye el primer pondaje que podrá recibir los lixiviados provenientes de las primeras seis trincheras; el segundo pondaje debe estar listo para recibir los lixiviados provenientes del resto de trincheras.

Durante la adecuación inicial se debe construir el primer pondaje de control previsto para el manejo de lixiviados. Su construcción comprende los siguientes aspectos:

- ✓ Colocación de la tubería de conducción de polietileno de HPDE de 6 pulgadas y construcción del canal de recolección de lixiviados que conducirá el lixiviado hasta el primer pondaje. La colocación de esta tubería incluye la construcción de cajas de inspección.
- ✓ Construcción del sistema de tratamiento de lixiviados (UASB y humedal) siguiendo los planos y especificaciones de diseño.

- **Construcción de pozos de monitoreo**

En la parte periférica del relleno sanitario se deben construir siete pozos de monitoreo localizados según los planos de diseño. Cada pozo consiste de una tubería perforada de PVC de 3 pulgadas de diámetro a una profundidad hasta de 10.00 m, rodeada de material de grava. El piezómetro está destinado para detectar la presencia de humedad en la zona periférica

del relleno y a la toma de muestras en caso de que ésta sea detectada con el fin de poder determinar la efectividad del sistema de impermeabilización y control ambiental.

- **Instalaciones eléctricas**

Durante la adecuación inicial se deben construir las redes e instalaciones eléctricas necesarias para la zona administrativa y caseta de registro y control. Para tal efecto se realizarán conexiones de la red que se localiza junto al área del proyecto.

- **Adecuaciones posteriores**

Para la adecuación de las demás terrazas o fases del relleno se deben seguir los mismos parámetros constructivos de la primera terraza o fase y de acuerdo con lo señalado en los planos de diseño. La adecuación de una fase debe iniciarse por lo menos con cuatro meses de anticipación previamente a la culminación de la vida útil de la terraza que está en operación.

2.1.4 Reglas de operación y de manejo ambiental

- Para la labor de replanteo se deben ubicar las obras siguiendo estrictamente las coordenadas y cotas fijadas en los planos de diseño.
- Cada trinchera debe adecuarse completamente y no parcialmente para la disposición de los residuos. Lo anterior implica realizar los movimientos de tierra, constituir el sistema de impermeabilización y el sistema de drenaje de lixiviados, completamente.
- El material de descapote de todas las obras debe ser almacenado separadamente del material de excavación para su posterior utilización durante la colocación de la cobertura final del relleno en las zonas rellenas y cara externa de diques perimetrales.
- El material de excavación debe ser almacenado en forma separada del material de descapote, para su posterior utilización como material de relleno durante la construcción de las vías, diques y cobertura final del relleno. El material debe ser almacenado en forma acordonada.
- Los rellenos en material de excavación, material seleccionado o recebo que se requieran realizar deben cumplir con el grado de compactación adecuado para su estabilidad geotécnica.

- Durante la construcción de las obras se deben elaborar los planos de construcción (As Built), donde se registren las cotas definitivas de preparación del terreno y los detalles de las estructuras construidas (canales, cajas, sistema de impermeabilización, tipo de materiales empleados, etc.).
- La geomembrana del sistema de impermeabilización del fondo del relleno y del pondaje debe ser colocada técnicamente, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, de tal forma que se garantice un sellamiento en sus juntas y un anclaje apropiado. Se debe evitar la presencia de arrugas que puedan generar doblez de la geomembrana y causar su rotura cuando se ejerzan las cargas del relleno. Igualmente se debe prevenir que la geomembrana no quede colgada y por el contrario siempre se apoye sobre el terreno.
- Una vez concluidas las obras se deben realizar pruebas de estanqueidad del pondaje con el fin de garantizar su hermetismo. En caso de detectarse fugas se debe proceder a su reparación.
- Se debe realizar riego de las vías, con el fin de evitar el levantamiento de partículas de polvo.
- Las vías deben cumplir con las normas de señalización y seguridad vial correspondientes.
- Se debe señalar los corredores de vías permitidos para el tráfico de vehículos dentro del área del relleno. No se debe permitir el tránsito por zonas no autorizadas.
- Se debe iniciar la excavación de una nueva terraza por lo menos 3 meses antes de que culmine la vida útil de la fase anterior. Esto con el fin de contar con el tiempo necesario para una adecuada preparación del fondo y garantizar la continuidad en las labores de disposición de residuos en el relleno.
- Se deben llevar registros de cada uno de los parámetros de monitoreo y seguimiento de la actividad, con las frecuencias indicadas.
- Se debe llevar un registro de los eventos de emergencia que se presenten en la obra.

- Todas las obras deben realizarse acorde con las especificaciones técnicas y constructivas de diseño.

2.1.5 Eventos de emergencia

En la **Tabla 2-1** se presentan los posibles eventos de emergencia que pueden presentar durante las obras de adecuación inicial del terreno.

Tabla 2-1 Eventos de emergencia. Adecuación inicial del terreno

Evento		Medida de contingencia	
		Prevención	Contención
1	Inundación.	<p>Realizar las obras preferiblemente en la época seca.</p> <p>Construir canales temporales de coronación en tierra para impedir el ingreso de agua de escorrentía a la zona del relleno.</p> <p>Mantener los canales y drenajes naturales limpios y libres de sólidos y material vegetal que puedan obstruir el flujo del agua.</p> <p>Adelantar en forma prioritaria, la construcción del canal principal de drenaje.</p>	<p>Construir diques temperantes para mantener secas y aisladas las zonas de trabajo.</p>
2	Deslizamientos	<p>Construir los canales de coronación mencionados.</p> <p>Mantener los taludes de corto y relleno especificados en el diseño.</p> <p>Empradizar los taludes expuestos al agua lluvia.</p> <p>Cubrir todas la zonas de almacenamiento de material de descapote y excavación con lonas o plásticos.</p>	<p>Retirar el material deslizado.</p> <p>Estabilizar los taludes mediante construcción de gaviones de pata, impedir el ingreso de agua lluvia a la zona afectada y empradizar los taludes expuestos.</p>

2.1.6 Seguimiento y Monitoreo

En la **Tabla 2-2** se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de adecuación inicial del terreno.

Tabla 2-2 Parámetros de seguimiento y monitoreo. Adecuación inicial

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
1. TECNICOS			
1.1 Volumen de descapote	m ³	Registro del volumen de tierra negra extraído y almacenado temporalmente.	Permanente*
1.2 Volumen de excavación	m ³	Registro del volumen de tierra negra extraído y almacenado temporalmente **	Permanente*
1.3 Empradización	m ²	Áreas empradizadas o sembradas con vegetación sobre taludes expuestos en diques y vías.	Permanente.
2 AMBIENTALES			
2.1 Aprovechamiento forestal	m ³	Volumen de madera extraído por acción de la remoción de árboles.	Permanente
2.2 Calidad del agua	VARIABLES	Monitoreo aguas arriba y aguas debajo de la quebrada la Pichuna. pH, Alcalinidad, SST, Sólidos disueltos, DBO, DQO, Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, OD.	15 días después de iniciada la adecuación de una trinchera.
2.3 Quejas	Reporte	Registro de quejas de la comunidad.	Permanente

* Cada vez que se realice la actividad o se presente el evento.

** Colocado en las zonas de almacenamiento temporal.

2.2 FICHA RS-02. Conformación de niveles y secuencia de llenado

2.2.1 Descripción del sistema

El relleno sanitario de Leticia, se caracteriza por tener una construcción progresiva, a lo largo de su vida útil, mediante la conformación de niveles de residuos. La conformación del relleno involucra la realización de las siguientes acciones:

- Conformación de los niveles con los residuos que ingresan diariamente al relleno. Cada nivel está conformado por el conjunto de celdas que se conforman con los residuos que ingresan diariamente. De esta forma la altura de la celda diaria, corresponderá a la altura del nivel.
- Los niveles se deben conformar ordenadamente de la parte más alta de la trinchera a la mas baja.
- Los niveles irán provistos de cobertura intermedia temporal, por lo cual, la labor de compactación es de carácter relevante para una apropiada operación.
- Para acceder a los niveles superiores se debe construir vías sobre el relleno con pendientes no superiores del 5% de acuerdo con lo señalado en los planos de diseño.
- Con miras a mejorar la operación de los vehículos recolectores y cuando ello se requiera, se deben conformar corredores de 6 a 8 m de ancho para permitir el acceso de los vehículos hasta el frente de trabajo. El corredor debe ser conformado en material de afirmado el cual deberá ser retirado a medida que avance el relleno. Dicho material podrá ser utilizado en la conformación de nuevos corredores.

2.2.2 Impactos y objetivos ambientales

N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Generación de procesos denudativos	Arrastre de material de suelo y particulado por acción del agua lluvia en zonas descapotadas, de excavación y de relleno sanitario.	Minimizar y controlar los procesos erosivos.
2	Incremento en los caudales de escorrentía.	Impermeabilización del suelo y construcción de obras que minimizan la infiltración.	Incorporar sistemas de manejo con la capacidad adecuada.
3	Deterioro del paisaje	Desmejoramiento de las condiciones estéticas y paisajística asociadas al desarrollo de las obras civiles.	Minimizar el deterioro estético del proyecto.
4	Deterioro de la calidad del agua superficial.	Vertimientos de aguas domésticas y de agua lluvia que arrastra material de suelo y sedimentos en zonas	Minimizar el vertimiento de sedimentos y

	principalmente descapotadas y desprovistas de vegetación.	lixiviados a los drenajes de agua lluvia.
--	---	---

2.2.3 Procedimientos

- **Etapas de desarrollo del proyecto**

El proyecto ha sido concebido para ser desarrollado por etapas o trincheras. A medida que se llena una trinchera se debe desarrollar la adecuación de una nueva fase de tal forma que permita dar continuidad a la disposición de los residuos. El desarrollo del proyecto por etapas o fases comprende las siguientes actividades:

- ✓ La primera etapa de desarrollo comprende la excavación del terreno en la Trinchera 1, de acuerdo con las cotas y pendientes de fondo especificadas en los planos de diseño.
- ✓ Como parte de la adecuación del terreno en la Trinchera 1 se deben construir los subdrenes para el manejo de agua subsuperficial, el sistema de impermeabilización de fondo y los filtros de drenaje de lixiviados. Lo anterior permitirá dar inicio a la operación normal del relleno sanitario (disposición de los residuos).
- ✓ Cuando la Trinchera 1 se encuentre en operación y cuando resten aproximadamente 4 meses de vida útil se debe proceder a adecuar el terreno en la Trinchera 2. Es de aclarar que los diseños incluyen los planos de apariencia final de cada fase, de tal forma que permita estimar su capacidad (ton de residuos) y su vida útil (meses).
- ✓ La adecuación de la Trinchera 2, comprende la adecuación del terreno siguiendo las especificaciones de diseño e incluye las mismas actividades descritas para la adecuación de la Trinchera 1.
- ✓ Cuando la Trinchera 2 se encuentre en operación y cuando resten aproximadamente 4 meses de vida útil de esta etapa, se debe proceder a adecuar la Trinchera 3. Este mismo procedimiento se repite hasta lograr la adecuación de la última etapa del proyecto.

Los tiempos de adecuación de cada etapa no son de estricto cumplimiento, aunque si son un indicativo de los tiempos en los cuales se debe iniciar las obras de adecuación de nuevas trincheras. El desarrollo de las obras debe

obedecer a una programación elaborada por el operador en campo basada la estimación de la vida útil de cada fase bajo condiciones reales de llenado y con base en las cantidades de obra a desarrollar para la adecuación de cada fase.

- **Secuencia de llenado de cada trinchera**

La secuencia de llenado comprende el orden en el cual se debe realizar el llenado de cada nivel y la conformación final del relleno. La secuencia de llenado a seguir durante la operación tiene aplicación para el llenado de las demás o trincheras. La secuencia de llenado, involucra los siguientes aspectos:

- ✓ La primera labor a desarrollar es la adecuación de la Trinchera 1 la cual comprende la excavación del terreno de acuerdo con las pendientes y las cotas especificadas en los planos de diseño.
- ✓ Posteriormente se construyen los filtros de recolección de fondo y el sistema de impermeabilización de fondo hasta la capa de drenaje (grava), conservando las pendientes de excavación. Es de recordar que durante la adecuación se dejará el filtro completamente sellado con geomembrana, para el control de agua lluvia; durante la colocación de los residuos, este sello se irá retirando progresivamente a medida que avanza el relleno.
- ✓ Colocación de los residuos desde la parte alta de la trinchera a la mas baja, disponiendo los residuos mediante un llenado escalonado. Las zonas que se vayan rellinando se deben cubrir con plástico de polietileno de baja densidad, dispuestos en forma de teja, para minimizar el ingreso de agua lluvia a la zona del relleno. El plástico puede ser apisonado con sacos de suelo de la excavación.
- ✓ De ser necesario se debe construir rampas en material arcilloso compactado, material de afirmado, o con residuos en la parte superior que permita mejorar el corredor de entrada a la zona del relleno.

En el anexo 1 se presenta el esquema de la secuencia de llenado.

- **Conformación de celda diaria y niveles del relleno**

Una vez los vehículos ingresan al relleno sanitario y realizado su registro y control en las básculas de pesaje, éstos se dirigen al frente de trabajo o

descargue. En el frente de descargue se deben cumplir las siguientes labores para la debida conformación de la celda diaria y los niveles:

- ✓ **Etapas de descargue.** Los vehículos deben ingresar hasta el frente de descargue en reversa, para lo cual se adecuó una bahía para que el vehículo pueda maniobrar y descargar los residuos. Para el acceso de los vehículos se deben conformar corredores de vía debidamente adecuados en material de recebo de forma tal que permitan la operatividad de los vehículos que ingresan a la zona de descargue. La pendiente de las vías construidas se ajusta a lo indicado en el diseño. Se debe instalar una capa de afirmado para proteger la geomembrana instalada del paso continuo de los vehículos operadores
- ✓ **Disgregación, compactación de los residuos.** Los residuos descargados deben ser disgregados y homogenizados previo a su traslado al frente de conformación de la celda. Ya homogenizados podrán ser transportados por la maquinaria hasta el frente de conformación de la celda, donde deberán ser compactados mediante la aplicación de una carga mecánica (maquinaria) hasta obtener una apropiada compactación. Por lo general se aplican mas de 5 pasadas de maquinaria en espesores de basura no mayores a 0.50 m.
- ✓ **Cobertura de los residuos.** Al final del día o a partir del momento en que no se reciban mas residuos, éstos deben ser cubiertos temporalmente con plástico de polietileno de baja densidad.
- ✓ De acuerdo al estudio geotécnico, el suelo natural es arcilloso, lo cual crea barreras impermeabilizantes que dificultan el drenaje de gases y lixiviados dentro de la masa del relleno. El drenaje inapropiado tiene una consecuencia directa sobre la estabilidad geotécnica del relleno sanitario, asociado a las presiones de poros internas que pueden causar en exceso cuando los gases y lixiviados no drenan adecuadamente.
- ✓ Se prevé mantener cubierto todo el relleno sanitario con plástico en forma temporal, con el fin de minimizar el ingreso de agua lluvia y mejorar las condiciones paisajísticas del relleno.
- ✓ El predio del proyecto fue localizado técnicamente en el km 17 + 200 m lejos de centros poblados con el fin de prevenir las molestias hacia la comunidad.

- **Chimeneas de gases**

Para evitar la acumulación del gas en el interior del relleno y permitir su evacuación en forma pasiva a través de la construcción de chimeneas en tubería perforada de 6" tipo Polietileno envuelta en material granular de protección 1.0 m x 1,0 m de lado. Para facilitar su estabilidad la chimenea se construye en una malla de gavión, lo que le da rigidez y evita que se destruya durante la conformación de los niveles de relleno.

Ya que el relleno sufre asentamientos e incluso movimientos verticales, es recomendable construir las chimeneas en aquellas zonas donde se hayan logrado las cotas definitivas de diseño y donde la edad de los residuos sea superior a 2 años. Por lo anterior las chimeneas serán construidas mediante perforación y hasta una profundidad del 90% de la altura del relleno en el sitio donde se perfora la chimenea.

La tubería de la chimenea finalmente atraviesa la cobertura final y termina en dos codos de 45° cada uno, para facilitar la evacuación del biogás y el ingreso de agua lluvia a través de la misma (ver **Figura 2-3**).

- **Filtros verticales**

Con el fin de facilitar la evacuación de lixiviados desde la parte superior del relleno hasta el fondo se prevén construir filtros de drenaje vertical, consistentes en gaviones de 1.0 m x 1.0 m, los cuales se construirán progresivamente a medida que el relleno se eleva y en algunas zonas donde la altura del relleno sea superior a 17 m. (ver Figura 2-3). Este tipo de filtros es empleado actualmente en el relleno sanitario de la Zona VIII en Doña Juana, el cual ha permitido mejorar el drenaje de lixiviados y gases, así como mejorar el factor de seguridad para la estabilidad geotécnica del relleno.

2.2.4 Reglas de operación y de manejo ambiental

- Se debe fijar un horario de recepción de los residuos sólidos al relleno sanitario. Para el caso particular del relleno de Leticia se debe fijar un horario de recepción de 8:00 am a 3:00 pm. Este horario se considera fundamental para poder aplicar la cobertura temporal y realizar la cobertura del frente de trabajo con plástico de 3:00 a 5:00 p.m.
- Todos los niveles del relleno deben construirse con una altura igual a la altura de la celda definida en los planos de diseño.

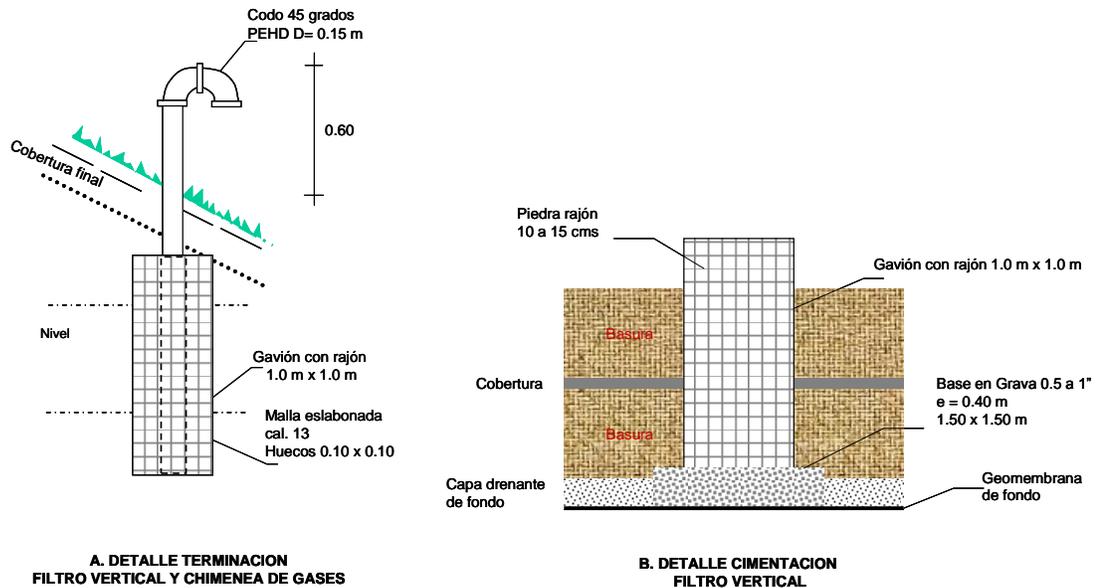
FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

- La operación debe realizarse de forma tal que se evite, en todo momento, la dispersión y salida de residuos del área del frente de trabajo.
- El relleno debe operarse de forma tal que se evite, en todo momento la proliferación de vectores, particularmente de roedores e insectos. También se debe evitar la presencia de aves de cualquier especie, particularmente de gallinazos. Este aspecto se logra con la debida compactación de los residuos, colocación oportuna de la cobertura temporal en plástico de la cobertura temporal. De ser necesario se deben realizar fumigaciones periódicas para el control de vectores.
- El relleno sanitario, debe permanecer cubierto con plástico de polietileno de baja densidad, excepto en los corredores viales, zona de descargue de residuos y zonas con cobertura final definitiva.
- Los residuos deben ser compactados de tal forma que se logre una densidad especificada en el diseño (0.60 t/m^3).
- Los filtros de drenaje vertical y las chimeneas deben localizarse en los puntos especificados en los planos de diseño.

Figura 2-3 Chimeneas de manejo de gases y filtros de drenaje vertical



2.2.5 Eventos de emergencia

En la **Tabla 2-3** se presentan los posibles eventos de emergencia que se pueden presentar durante esta actividad.

Tabla 2-3 Eventos de emergencia. Conformación de niveles y secuencia de llenado

Evento	Medida de contingencia	
	Prevención	Contención
1 Deslizamientos +	<p>Construir los canales de coronación en las partes altas del terreno.</p> <p>Mantener los taludes de corto y relleno especificados en el diseño.</p> <p>Empradizar los taludes expuestos al agua lluvia y las zonas del relleno donde se hayan logrado las cotas definitivas del relleno.</p> <p>Instalar un sistema de instrumentación para evaluar los movimientos del relleno +</p>	<p>Retirar el material deslizado y disponerlo en una nueva celda.</p> <p>Estabilizar los taludes mediante construcción de gaviones de pata, impedir el ingreso de agua lluvia a la zona afectada y empradizar los taludes expuestos.</p> <p>Incrementar la densidad de chimeneas en la zona afectada.</p> <p>Construir filtros</p>

FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

		Adecuar la Trinchera No. 10 como celda de contigencia, en caso de que el deslizamiento afecte el ingreso de vehículos a la zona de operación normal.	horizontales en la zona afectada para facilitar el drenaje de lixiviados.
2	Sobreproducción de lixiviados	Atender las acciones para el control de agua lluvia del presente manual. Mantener el pondaje No. 2 desocupado para atender el caudal de exceso.	Tratar todo el lixiviado previo vertimiento. Realizar tratamiento físico-químico de lixiviados presente en el pondaje de emergencia.

+ Ver Ficha RS-08. Monitoreo y control técnico de la operación.

2.2.6 Seguimiento y Monitoreo

En la **Tabla 2-4** se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de conformación de niveles y secuencia de llenado.

Tabla 2-4 Parámetros de seguimiento y monitoreo. Conformación de niveles y secuencia de llenado

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
1. TECNICOS +			
1.1 Registro de residuos	t	Registro de vehículos y cantidad de residuos que ingresan al relleno	Permanente
1.2 Densidad de compactación	t/m³	Determinar la densidad de la masa de relleno	6 meses
1.3 Monitoreo de la estabilidad	Variable	Monitorear los movimientos del relleno y determinar el FS periódicamente.	+
2 AMBIENTALES			
2.1 Calidad del agua	VARIABLES	Monitoreo aguas arriba y aguas debajo de la quebrada Pichuna. pH, Alcalinidad, SST, Sólidos disueltos, DBO, DQO, Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, OD.	15 días después de iniciada la adecuación de una trinchera.
2.2 Quejas	Reporte	Registro de quejas de la comunidad.	Permanente

+ Ver Ficha RS-08. Monitoreo y control técnico de la operación.

2.3 FICHA RS-03. Manejo de aguas lluvias

2.3.1 Descripción del sistema

El manejo del agua lluvia es un aspecto muy importante para la operación del relleno sanitario, por lo cual su manejo debe realizarse estrictamente de acuerdo con lo indicado en el presente manual. Un manejo inapropiado se verá reflejado en una mayor producción de lixiviados, lo cual a su vez incrementará el potencial de contaminación de lixiviado y unos mayores costos por concepto de manejo y tratamiento, así como por concepto de posibles contingencias.

2.3.2 Impactos y objetivos ambientales

N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Generación de procesos denudativos	Arrastre de material de suelo y particulado por acción del agua lluvia en zonas descapotadas, de excavación y de relleno sanitario.	Minimizar y controlar los procesos erosivos.
2	Incremento en los caudales de escorrentía.	Impermeabilización del suelo y construcción de obras que minimizan la infiltración.	Incorporar sistemas de manejo con la capacidad adecuada.
3	Deterioro de la calidad del agua superficial.	Vertimientos de aguas domésticas y de agua lluvia que arrastra material de suelo y sedimentos en zonas principalmente descapotadas y desprovistas de vegetación.	Minimizar el vertimiento de sedimentos y lixiviados a los drenajes de agua lluvia.

2.3.3 Procedimientos

Para el manejo de agua lluvias durante la operación del relleno sanitario se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Todo el relleno sanitario debe cubrirse temporalmente con un plástico de polietileno de baja densidad, excepto el frente donde se descargan los residuos durante su operación, los corredores viales y las zonas con cobertura final. Lo anterior permitirá la minimización del ingreso del agua lluvia a la zona del relleno.

- Todas las trincheras deberán adecuarse con el filtro de recolección de lixiviados completamente sellado. Durante el llenado del primer nivel de cada trinchera, se deberá romper el sello del filtro de fondo y se deberá conformar el sistema de impermeabilización definitivo (aplicación de las capas granulares) progresivamente y a medida que el relleno va avanzado. En el diseño se ha previsto la instalación de un tramo de tubería en PVC para la evacuación de aguas lluvias del interior de las trincheras.
- Aquellas áreas y taludes externos del relleno donde se haya logrado las cotas definitivas de diseño se debe colocar la cobertura final del relleno. La secuencia de llenado debe propender por alcanzar lo mas pronto posible las cotas definitivas del relleno.

2.3.4 Eventos de emergencia

Cuando se detecte un incremento súbito en el volumen de lixiviados que se esté generando en el relleno se deben tomar las medidas necesarias para realizar un control más estricto en las actividades de manejo de agua lluvia. Se debe inspeccionar y evaluar continuamente el manejo de agua lluvia en el frente de trabajo y tomar las medidas necesarias para corregir las posibles deficiencias. En la **Tabla 2-5** se presentan los posibles eventos de emergencia que se pueden presentar durante el manejo de aguas lluvias.

Tabla 2-5 Eventos de emergencia. Manejo de aguas lluvias

Evento		Medida de contingencia	
		Prevención	Contención
1	Inundación.	<p>Realizar las obras preferiblemente en la época seca.</p> <p>Construir canales temporales de coronación en tierra para impedir el ingreso de agua de escorrentía a la zona del relleno.</p> <p>Mantener los canales y drenajes naturales limpios y libres de sólidos y material vegetal que puedan obstruir el flujo del agua.</p> <p>Adelantar en forma prioritaria,</p>	<p>Construir diques temperantes para mantener secas y aisladas las zonas de trabajo.</p>

		la construcción del canal principal de drenaje.	
2	Sobreproducción de lixiviados	Atender las acciones para el control de agua lluvia del presente manual. Mantener el pondaje No. 2 desocupado para atender el caudal de exceso.	Tratar todo el lixiviado previo vertimiento. Realizar tratamiento físico-químico de lixiviados presente en el pondaje de emergencia.

2.3.5 Seguimiento y Monitoreo

En la **Tabla 2-6** se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de manejo de aguas lluvias.

Tabla 2-6 Parámetros de seguimiento y monitoreo. Manejo de aguas lluvias

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
1. TECNICOS			
2 AMBIENTALES			
2.1 Calidad del agua	VARIABLES	Monitoreo aguas arriba y aguas debajo de la quebrada Pichuna. pH, Alcalinidad, SST, Sólidos disueltos, DBO, DQO, Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, OD.	15 días después de iniciada la adecuación de una trinchera.
2.2 Quejas	Reporte	Registro de quejas de la comunidad.	Permanente

+ Ver Ficha RS-08. Monitoreo y control técnico de la operación.

2.4 FICHA RS-04. Cobertura final

2.4.1 Descripción del sistema

La cobertura final constituye la capa definitiva que se debe colocar en aquellas zonas donde se ha logrado las cotas definitivas de diseño. Su finalidad es la de impedir la percolación de agua lluvia hacia el interior del relleno y permitir la evacuación controlada recuperación efectiva del gas generado en el interior del relleno.

2.4.2 Impactos y objetivos ambientales

FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

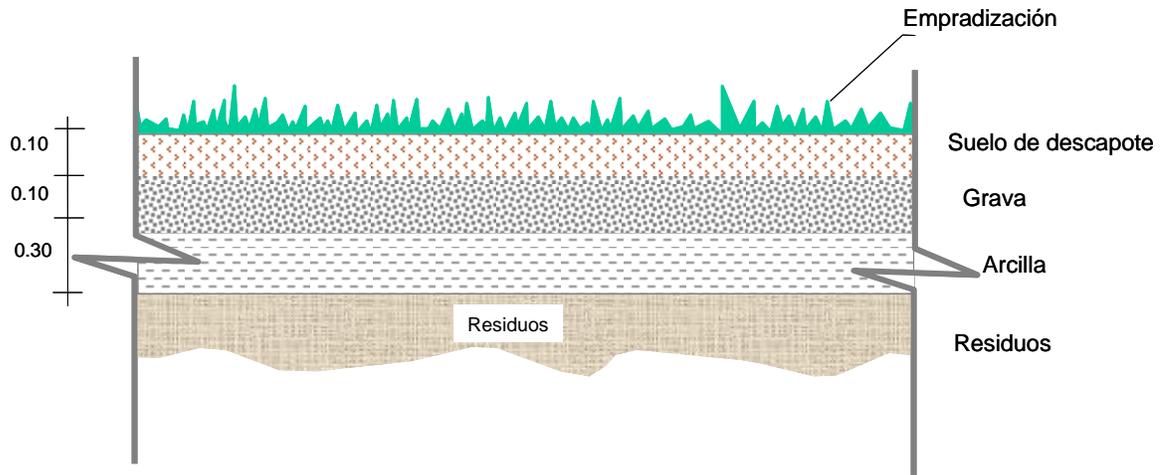
N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Pérdida de la capa orgánica	Remoción de la capa orgánica durante las labores de adecuación del terreno para vías, trincheras y demás obras civiles	Recuperar el suelo orgánico (tierra negra) y reutilizarlo en obras de revegetalización.
2	Generación de procesos denudativos	Arrastre de material de suelo y particulado por acción del agua lluvia en zonas descapotadas, de excavación y de relleno en suelo natural; así como en las zonas de manejo de material sobrante.	Minimizar y controlar los procesos erosivos.
3	Deterioro del paisaje	Desmejoramiento de las condiciones estéticas y paisajística asociadas al desarrollo de las obras civiles.	Minimizar el deterioro estético de la obra.
4	Deterioro de la calidad del agua superficial.	Vertimientos de aguas domésticas y de agua lluvia que arrastra material de suelo y sedimentos en zonas principalmente descapotadas y desprovistas de vegetación.	Minimizar el vertimiento de sedimentos a los drenajes de agua lluvia.
5	Reducción de la cobertura vegetal	Remoción de vegetación para instalar las obras.	Compensar la pérdida de vegetación

2.4.3 Procedimientos

Siguiendo las especificaciones del diseño se deben instalar las siguientes capas que conforman la cobertura final del relleno (ver **Figura 2-4**):

- Una capa de sellado de 0.30 m de espesor en material de arcilla. La función de esta capa es impermeabilizar e impedir el ingreso de agua lluvia hacia el interior del relleno.
- Una capa drenante en material granular de 0.10 m, cuya función es permitir el drenaje del agua lluvia y facilitar su evacuación hacia los canales perimetrales del relleno.

Figura 2-4 Cobertura final del relleno



- Una capa de suelo orgánico o de descapote de 0.10 m. Esta capa puede estar compuesta de tierra natural construida a partir de la combinación de tierra negra y material de compost o humus.

2.5 FICHA RS-05. Sistema de manejo de lixiviados

2.5.1 Descripción del sistema

El sistema de manejo de lixiviados previsto comprende su recolección desde el fondo del relleno y su conducción hasta dos pondajes de control localizados en la parte baja del área del proyecto y de allí hasta la planta de tratamiento de lixiviados. El sistema de manejo consta de los siguientes componentes:

- Un sistema de recolección de lixiviados en el fondo de cada trinchera (capa drenante y filtros de drenaje)
- Sistema de conducción de lixiviados hasta el pondaje, conformado por canales recubiertos en piedra y geo membrana.
- Un pondaje de control para el almacenamiento temporal de los lixiviados el cual le prestara servicio a las primeras seis trincheras. Un segundo pondaje que le prestara servicio al resto de trincheras, el cual se construye de forma posterior.
- Sistema de tratamiento de lixiviados, compuesto por un reactor UASB.
- Un humedal de plantas montantes y un humedal de plantas emergentes. El tratamiento por humedales combina procesos físico-químicos como son la sedimentación, filtración, precipitación química

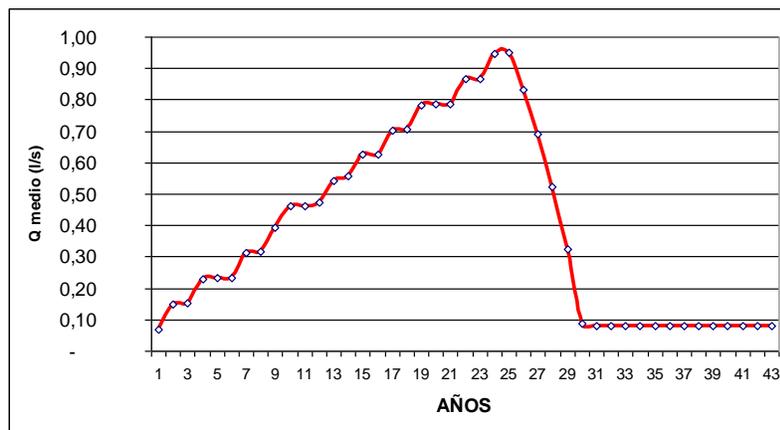
e intercambio iónico que ayuda en la remoción de partículas y sólidos disueltos, mientras las plantas remueven sustancias por procesos biológicos. El Nitrógeno es utilizado por las algas y otras plantas para fijarlo e incorporarlo a la planta. Las sustancias volátiles son emitidas a la atmósfera en forma gaseosa mientras otras sustancias son transformadas por procesos microbiológicos y químicos en el fondo de los humedales. El requerimiento básico para la implementación de esta tecnología es la gran superficie de terreno necesario y la energía solar para garantizar la calidad del tratamiento. En estos sistemas se han reportado eficiencias de remoción del 85 a 90% en lo que corresponde a DBO y 80% para DQO. Los humedales con altos tiempos de retención hidráulico tienen muy buena capacidad para remover diferentes clases de sustancias y soportar variaciones de carga.

Estos sistemas se construyen durante la adecuación inicial del terreno y previo al inicio de la operación normal del relleno.

Caudales.

El caudal generado dentro del relleno sanitario se irá incrementado con el aumento del área rellenada. Se debe tener cuidado con el cubrimiento de las zonas que estén en operación y evitar en lo posible la entrada de aguas lluvias a la zona de disposición. La gráfica muestra la proyección esperada de caudales a lo largo de los 25 años de operación.

DBO 3000 mg/L
DQO 6000 mg/L
pH 7,5 a 8,5



Fuente: Ing. Wilson Casas.

Pondajes de almacenamiento.

Con llegada a 1 metro debajo de la superficie y salida por vertedero flotante para control de caudal. Se diseña para un caudal de 0,5 L/s (43,2 m³/día)

Numero de unidades	2
Volumen total cada uno (m ³)	1400 m ³
Profundidad útil (m)	2,5
Profundidad total (m)	3,0
Ancho en el fondo, de cada uno (m)	2,5
Inclinación talud	1 a 1
Longitud total fondo (m)	60
Tiempo de retención (días)	9,0 días

Los lixiviados salientes de estos pondajes, se entregan a una Caja de Distribución, y de ésta, hacia el sistema UASB. Se utilizará canal en piedra recubierto con geotextil.

Los pondajes operarán en paralelo, pues de ésta manera se realizarán trabajos de mantenimiento o limpieza en uno de ellos mientras el otro se encuentra en operación. Los pondajes deben recibir un mantenimiento consistente en la extracción de los lodos que se hayan acumulado en el fondo. El control de la capa de lodos en el fondo de los pondajes se realiza por medio de una vara marcada.

En el mantenimiento de los pondajes, la extracción de lodos se puede hacer de forma manual y la evacuación de lixiviados por bombeo descargando al otro pondaje o a los humedales. En su defecto se puede utilizar un equipo de succión - presión tipo Vactor.

Tanque UASB

El agua residual es enviada, luego de eliminar un gran porcentaje de sólidos suspendidos en los pondajes (> 50%), a una primera unidad anaerobia donde se realiza la descomposición inicial de la materia orgánica. En ella se incluye las siguientes operaciones:

Introducción de la alimentación de agua residual mediante un sistema de distribución uniforme que hace contacto con el lecho de lodo donde se hace la degradación de la materia orgánica el flujo ascendente compuesto por agua lodo y gas será separado a través de un bafle especialmente diseñado que se encuentra localizado transversalmente en el reactor.

Tubería de paso que varía con el nivel del efluente hacia la segunda cámara.

Las condiciones operacionales arriba mencionadas conducen a la formación de un lecho de lodo significativo en las proximidades del cabezal de entrada. Se produce un contacto excelente entre la biomasa y el substrato en el lecho de lodo y una actividad de saturación por gas inmediata.

Las burbujas de gas aumentan de tamaño y transportan partículas de lodo hacia arriba, a través del líquido, hasta llegar a la superficie donde estallan para luego asentarse nuevamente y con lentitud en el lecho de lodo.

Estas partículas atraviesan muchos ciclos ascendentes y descendentes durante su permanencia en el reactor, logrando un buen contacto con el agua residual.

El sistema de recolección de gas incluye un colector sobre el reactor que es conducido hacia un sistema de incineración mediante una antorcha automática

Reactor anaerobio a pistón modificado sobre capa fija (Reactor).

El agua después del pre-tratamiento anaerobio descrito, pasa a varios recintos conformados por un medio de relleno donde se permitirá el crecimiento microbiano para la degradación de la materia orgánica y así complementar el proceso de depuración.

Mediante la formación de una película bacteriana sobre una capa fija plástica (relleno AMANCO), se consigue la formación de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de colonias microbianas de tipo anaerobio que se fijan al material de relleno, capaces de degradar la materia orgánica que contiene el agua residual.

El desecho fluye hacia arriba a través del filtro (filtración ascendente) y hacia abajo (filtración descendente), entra en contacto con el medio y dado que las bacterias son retenidas y no se lavan con el efluente, se pueden obtener tiempos de retención celular del orden de los cien (100) días, por lo que se hace este sistema atractivo para tratar desechos de baja concentración a temperatura ambiente.

El tiempo de duración del proceso debe ser suficiente, para aguas de lixiviados del relleno Doña Juana se obtuvieron remociones > 70% en carga con tiempos de retención mayores de 12 horas.

Tanque de clarificación

El líquido biológicamente tratado mediante bacterias anaerobias, pasa a un tanque de decantación con tolvas tronco-cónicas.

El agua clarificada fluye a través de un sistema de vertederos de orificio sumergido que conducen hacia la salida a través de un vertedero, cuyo diseño está especialmente calculado para que la velocidad ascensional sea entre 0.5 y 1.0 m/hr permitiendo de esta forma que los flóculos por su mayor peso sedimenten en el fondo. Las paredes laterales tendrán la suficiente inclinación para facilitar el deslizamiento de los mismos.

Dimensionamiento básico del UASB.

Numero de unidades	2	
Volumen total (m ³)		50 m ³
Profundidad útil (m)		2,5
Profundidad total (m)		3,5
Ancho (m)		4,4
Longitud total fondo (m)		6,5
Tiempo de retención (días)		1,4

Los lixiviados salientes del UASB, se entregan a una Caja de Distribución, y de ésta, hacia el canal de lagunas de tratamiento de lodos. Se utilizará canal trapezoidal.

- **Canales de Tratamiento Biológico con Plantas Flotantes³**

La disposición de dos pondajes hace necesaria la construcción de dos canales de plantas flotantes, el primero de estos se deberá construir en la intervención inicial y estará encargado del tratamiento de lixiviados de las primeras 6 trincheras, el segundo debe ser construido una vez sea necesaria la entrada en funcionamiento de la séptima trinchera de almacenamiento de residuos.

El caudal a manejar es de 43,2 m³/día. Se trabaja con cargas orgánicas entre 10 y 300 Kg/Ha.d. Para evitar malos olores en la zona se trabaja con 100 Kg/Ha.d, lo que da un área de 1027 m², con una profundidad útil entre 45 y 60 cm. Con un tiempo de retención de 12,0 días.

¹ Planteada por la firma americana Two Scientists From Westland Engineers (WSI), realizado a finales del año 1997 luego de haber recolectado información de calidad y cantidad de los lixiviados generados en el RSDJ.

El efluente tratado, es recogido y transportado por un canal hacia una Caja de salida, y llevado (HDPE 8") hacia los pondajes de Plantas Emergentes.

La flora acuática encargada de transformar la materia orgánica en biomasa, flota libremente gracias a su capacidad de adaptación que le permite sobrevivir a pesar de los cambios de nivel de agua. Son representativos de esta flora, la lenteja de agua (*Lemna minor*), el buchón de agua (*Eichornia crassipes*), hierba de agua (*Myriophillum elatinoid*), sombrillita de agua (*Hydrocotile ranunculoides*), Jacintos de agua y helecho flotante (*Azolla filiculoides*). Las especies a sembrar en el humedal deben ser probadas y adaptadas con anterioridad.

Los Jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) son plantas acuáticas vasculares de agua dulce de hojas verdes redondeadas y brillantes y brotes de flores lavanda. Las plantas se extienden lateralmente hasta cubrir la superficie del agua, momento a partir del cual comienza a crecer verticalmente; La propagación se realiza vía vegetativa, pero la semilla se utiliza para el cultivo inicial en viveros. En condiciones normales los Jacintos de agua pueden cubrir una superficie del agua con densidades relativamente bajas, alrededor de 10 Kg/m² (peso mojado), alcanzando densidades de 80 Kg/m². La velocidad de crecimiento depende de la temperatura del agua, del aire, de la composición del agua en materia de nutrientes. La cosecha de las plantas se hace dos veces al mes, para favorecer la eliminación de nutrientes. Normalmente los Jacintos cosechados se secan y aplican al terreno o se comportan en forma sencilla.

- **Humedales de Tratamiento Biológico con Plantas Emergentes**

El final del tratamiento consiste en un estanque sembrado con plantas que emergen a través de la lámina de agua a tratar; este humedal será construido en dos etapas, de las cuales la primera tratará los lixiviados producidos por las trincheras 1 a 6 y tendrá un área aproximada de 12000 m², y una longitud de recorrido de 380 m, dispuesto por la construcción de tabiques que generen una circulación de las aguas en zigzag a lo largo del humedal. La construcción de este humedal será concluida simultáneamente con la construcción de la trinchera No. 7, teniéndose un área total de 25.000 m² y un recorrido desde la entrega del humedal de plantas flotantes No. 2 de 620 m. Se estima un tiempo de retención de 30 días.

En el fondo de los humedales se conforma un medio poroso con material granular, con el propósito de crear, al unirse con los sedimentos, un sustrato

para las plantas, de espesor aproximado de 0.30 m. Las plantas a utilizarse serán Juncos, los cuales penetran a una profundidad aproximada de 0.30 m. Debido a la condición del flujo vertido en esta etapa, los humedales no necesitan una permeabilidad tan baja, así que no se requieren cifras menores de 0.5 cm/hr, lo que se puede lograr mediante compactación en la etapa constructiva.

Teniendo en cuenta las bajas pendientes del terreno y las restricciones por los niveles de entrega, la conducción de lixiviados y aguas tratadas entre una unidad de tratamiento y otra se proyectó mediante la construcción de canales excavados en el terreno natural y protegidos con piedra pegada e impermeabilizados con geomembrana.

La conducción de lixiviados mediante canales presenta aspectos favorables como la utilización de bajas pendientes y el control de niveles por rebose en las diferentes unidades de tratamiento, es decir el funcionamiento del sistema por gravedad.

La operación y mantenimiento deberá garantizar los siguientes aspectos, con el fin de maximizar el rendimiento del sistema:

- Garantizar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.
- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un ambiente saludable para los microbios.
- Mantener un crecimiento vigoroso de la vegetación.

- **Disposición Final**

Los Lixiviados provenientes del relleno sanitario, finalmente tratados, serán conducidos por tubería PVC de 6" al sistema de descole constituido por sacos de suelo cemento escalonados que se adaptan a la topografía del terreno, los cuales se encargarán de entregar el efluente a un cuerpo de drenaje natural.

En la operación de las unidades se requiere el retiro o la cosecha periódica (entre dos y cuatro semanas) de éstas plantas, las cuales se pueden disponer en el relleno sanitario, o en la fabricación de compost, o como alimento para animales. Para controlar la proliferación de mosquitos se debe rociar con agua la superficie, aplicar agentes químicos de control (larvicidas) y realizar control biológico.

Adicionalmente, durante la operación y mantenimiento de los humedales se deberá:

- Retirar la hierba seca para mantener el flujo libre y evitar la formación de canales.
 - Controlar el nivel de agua. A pesar de la tolerancia de las plantas a los cambios de profundidad del agua, deben respetarse los niveles de adaptación de las especies durante largos períodos de tiempo.
 - Inspeccionar la vegetación regularmente y retirar especies invasoras. Evitar al máximo el uso de herbicidas, pues podría afectarse la vegetación emergente.
 - Supervisar la salud y abundancia de la vegetación periódicamente. Normalmente bastará con observaciones cualitativas. En general, esta supervisión debe ser más frecuente durante los primeros cinco años después de la instalación del sistema. La composición de las especies y densidad de las plantas se determina fácilmente inspeccionando parcelas cuadradas, normalmente de 1 m x 1 m, dentro del humedal. Los cambios a tener en cuenta incluyen un aumento en el número de especies no deseadas o agresivas, una disminución en la densidad de la capa vegetativa, o señales de enfermedad en las plantas. La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales en el tiempo. Puede presentarse la tendencia a que algunas especies mueran y sean reemplazadas por otras. Dado que los cambios vegetativos son a menudo lentos, no son obvios a corto plazo y, por lo tanto es esencial mantener buenos registros. El aumento de los sedimentos acumulados así como de la capa de residuos, disminuye la capacidad de almacenamiento de agua, afectando la profundidad de está en el humedal y posiblemente alterando los caminos de flujo.
 - Verificar periódicamente los sedimentos, la capa de residuos, y la profundidad del agua.
- **Procedimientos generales.**
 - Los detalles, disposición y dimensiones de la infraestructura del sistema se encuentra en los planos de diseño. Es importante que durante la construcción permanezca lo dispuesto en el diseño. Una vez construidas las unidades del sistema de manejo de lixiviados, deberán elaborarse los planos "As Built", para estudios de control, análisis y desempeño del sistema.
 - Debe verificarse regularmente la dinámica de flujo en la totalidad del sistema, que no se presenten bloqueos por acumulación de residuos y

que no se desarrollen áreas de estancamiento que aumenten la incubación de mosquitos.

- Los diques, vertederos y estructuras de control de agua deben inspeccionarse después de cualquier evento anómalo en el sistema.
- Las ratas y otros vectores pueden dañar los diques y la impermeabilización, por lo que se deben prever las medidas necesarias para evitarlo.
- Control del rendimiento del sistema, en donde se evalúen los siguientes aspectos, como mínimo:
 - DBO₅
 - Nitrógeno
 - Fósforo
 - Sólidos suspendidos totales
 - Metales pesados
 - Bacterias (totales o coliformes fecales)

2.5.2 Reglas de operación

Operación y control del humedal:

La operación es muy importante si quieren obtenerse buenos resultados. Por tanto, debe contarse con un plan de operación y mantenimiento que debe escribirse durante la etapa de diseño final del sistema. La operación y mantenimiento debe enfocarse a los factores más importantes para el rendimiento del tratamiento:

- Proporcionar una amplia oportunidad para el contacto del agua con la comunidad microbiana, con la capa de residuos de vegetación y con el sedimento.
- Asegurar que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un ambiente saludable para los microbios
- Manteniendo un crecimiento vigoroso de vegetación.

Hidrología

En humedales de FWS, el agua debe cubrir todas las partes de la superficie del humedal. El humedal debe ser verificado periódicamente para asegurar que el agua se está moviendo a través de todas las partes del humedal y que el aumento de residuos no ha bloqueado caminos de flujo, y no se han desarrollado áreas de estancamiento que aumentan la probabilidad de mosquitos. Deben verificarse flujos y niveles de agua regularmente.

Estructuras

Deben inspeccionarse diques, vertederos, y estructuras de control de agua de forma regular e inmediatamente después de cualquier anomalía en el flujo. Los humedales deben verificarse después de subidas importantes de caudal o después de la formación de hielo, ya que pueden afectar el sustrato, particularmente a las estructuras de salida. Cualquier daño, corrosión u obstrucción, debe corregirse lo más pronto posible para prevenir fallos y reparaciones que podrían ser costosos.

Vegetación

El manejo del nivel del agua es la clave para el éxito de la vegetación. Mientras las plantas del humedal pueden tolerar cambios temporales en la profundidad del agua, debe tenerse cuidado de no exceder los límites de tolerancia de las especies usadas durante periodos largos de tiempo. La profundidad del agua puede aumentarse durante los meses fríos aumentando así el tiempo de retención y protegiendo contra las heladas. La cubierta vegetal en los diques debe mantenerse para desarrollar una capa de tierra buena con sistemas de raíz extensos que resisten a la erosión.

La vegetación debe ser inspeccionada regularmente y deben quitarse las especies invasoras. Los herbicidas no deben usarse excepto en circunstancias extremas, y sólo entonces y con cuidado extremo, dado que pueden dañar severamente la vegetación emergente.

Ratas

Las ratas y otros roedores pueden dañar los diques y la impermeabilización. Por tanto, deben preverse las medidas necesarias para evitar que esto ocurra, hasta el punto de que puede ser necesario atrapar y retirar los animales hasta que pueda instalarse una pantalla de alambre. Las madrigueras también pueden ser selladas poniendo bentonita en la entrada.

Mosquitos

Los mosquitos son comunes en los humedales naturales y pueden esperarse en humedales artificiales. La mejor manera de evitar problemas con mosquitos en los humedales artificiales es crear condiciones en el humedal que no sean atractivas a los mosquitos o que no conduzcan al desarrollo de larvas. Lugares abiertos con agua estancada son un excelente hábitat para

los mosquitos, y los nutrientes del agua estancada, son ideales para el desarrollo larval. Cuando el agua esta en movimiento se minimiza el riesgo de desarrollo de mosquitos.

El control de mosquitos con insecticidas, aceites, y agentes bacterianos como Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) es a menudo difícil en humedales artificiales. El uso de insecticidas en humedales artificiales con cantidades grandes de materia orgánica es ineficaz porque la materia orgánica los adsorbe y porque se diluyen rápidamente o son degradados por el agua que viaja a través del humedal. Los tratamientos químicos deben usarse con cautela porque se corre el riesgo de contaminar el humedal y el cauce receptor.

Control

La supervisión es una herramienta operacional importante que:

- Proporciona datos para mejorar el rendimiento del tratamiento
- Identifica problemas
- Documenta la acumulación de sustancias potencialmente tóxicas antes de que sean bioacumulables
- Determina el cumplimiento de los requisitos reguladores.

El control necesita medir si el humedal está obteniendo los objetivos y para indicar su integridad biológica. Esta supervisión permite identificar los problemas temprano, cuando la intervención es más eficaz. Las fotografías pueden ser inestimables documentando estas condiciones. Deben tomarse fotografías cada determinado tiempo en las mismas condiciones, localizaciones y con el mismo ángulo de visión.

El nivel de detalle del control dependerá del tamaño y la complejidad del sistema de humedales y puede cambiar cuando el sistema madura y se conoce mejor su comportamiento. Los sistemas ligeramente cargados que han estado operados satisfactoriamente sólo necesitarían ser verificados una vez al mes y después de cada tormenta importante. Aquellos que están muy cargados requerirán una supervisión más frecuente y detallada. Un plan de control escrito es esencial para la continuidad del sistema a largo plazo.

Control para cumplir exigencias de descarga

El control para cumplir con las limitaciones del permiso de descarga representa el mínimo para el muestreo y análisis. La frecuencia del muestreo y los parámetros a medir dependerán de dichas exigencias.

Control del rendimiento del sistema

El rendimiento del humedal es normalmente evaluado para determinar:

- Carga hidráulica
- Volúmenes de entrada y de salida
- Variación de la calidad del agua entre la entrada y la salida

La efectividad en la remoción de contaminantes puede determinarse mediante la diferencia entre la carga a la entrada (volumen del entrada x concentración del contaminante) y la de salida (volumen de la descarga x concentración del contaminante). Los parámetros de interés pueden ser:

- DBO
- Nitrógeno
- Fósforo
- Sólidos suspendidos totales
- Metales pesados
- Bacterias (totales o coliformes fecales)

Si el agua residual pudiera contener contaminantes tóxicos, como pesticidas o metales pesados, deben analizarse los sedimentos una o dos veces al año para supervisar el aumento potencial de estos contaminantes en los sedimentos del humedal. El efluente debe analizarse durante las tormentas importantes para asegurar que están reteniéndose los sedimentos en el humedal. El agua subterránea también debe supervisarse una vez o dos veces al año para asegurar que el humedal no la está contaminando.

Control de la salud del humedal

Los humedales deben controlarse periódicamente para observar las condiciones generales del sitio y para descubrir cambios importantes que puedan ser adversos, como erosión o crecimiento de vegetación indeseable. Debe supervisarse la vegetación periódicamente para evaluar su salud y abundancia. Para humedales que no reciben cargas altas, la supervisión de la vegetación no se necesita que sea cuantitativa. Normalmente bastará con observaciones cualitativas. Los sistemas grandes y aquellos que están muy cargados requerirán ser supervisados más frecuente, y de forma cuantitativa. En general, esta supervisión debe ser más frecuente durante los primeros cinco años después de la instalación del sistema.

La composición de las especies y densidad de las plantas se determina fácilmente, inspeccionando parcelas cuadradas, normalmente de 1 m x 1 m,

dentro del humedal. Los cambios a tener en cuenta incluyen un aumento en el número de especies no deseadas o agresivas, una disminución en la densidad de la capa vegetativa, o señales de enfermedad en las plantas.

La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales de año en año, así como en los humedales naturales. Puede haber tendencia a que algunas especies mueran y sean reemplazadas por otras. Dado que los cambios vegetativos son a menudo lentos, no son obvios a corto plazo y, por tanto, es esencial mantener buenos registros.

El aumento de los sedimentos acumulados así como de la capa de residuos, disminuye la capacidad de almacenamiento de agua, afectando la profundidad de está en el humedal y posiblemente alterando los caminos de flujo. Los sedimentos, la capa de residuos, y la profundidad del agua deben verificarse de vez en cuando.

Finalmente, se deben tener en cuenta aspectos como:

- El vertimiento a realizar debe cumplir con los parámetros de calidad y forma de disposición establecidos en la legislación ambiental y particularmente en el permiso respectivo.
- Los lodos deben disponerse dentro del relleno únicamente si se encuentran deshidratados y estabilizados químicamente.
- Para el manejo de lodos pueden utilizarse sistemas de manejo y disposición alternativos a los propuestos en el presente manual, siempre y cuando se garantice un manejo apropiado acorde con el medio ambiente y en cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

2.5.3 Eventos de emergencia

En caso de sobreproducción de lixiviado se deben tener en cuenta las siguientes medidas :

- Atender estrictamente la secuencia de llenado, conformación de la celda diaria y manejo de agua lluvia.

En la Tabla 2-7 se presentan los posibles eventos de emergencia que pueden presentar durante el manejo de lixiviados.

Tabla 2-7 Eventos de emergencia. Manejo lixiviados

Evento		Medida de contingencia	
		Prevención	Contención
1	Sobreproducción de lixiviados	<p>Atender las acciones para el control de agua lluvia del presente manual.</p> <p>Mantener los pondajes en buen estado para atender el caudal de exceso.</p>	<p>Tratar todo el lixiviado previo vertimiento.</p> <p>Realizar tratamiento físico-químico de lixiviados presente en los pondajes.</p>

2.5.4 Seguimiento y Monitoreo

En la Tabla 2-8, se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de manejo de lixiviados.

Tabla 2-8. Parámetros de seguimiento y monitoreo. Manejo de lixiviados.

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
1. TECNICOS			
2.1 Caudal de lixiviados	l/s	Monitorear el caudal de lixiviado generado y tratado en la planta de tratamiento.	15 días después de iniciada la operación de la PTL.
2.2 Eficiencia de la PTL	%	Monitorear la calidad de lixiviado antes y después de la planta de tratamiento de lixiviados.	3 meses (mensual, Realizar controles diarios de pH, sólidos suspendidos en el tanque anaeróbico y pH, SST, y DQO a la salida de la PTL semanal)
2 AMBIENTALES			
2.1 Calidad del agua	Variables	Monitoreo de las fuentes de agua. pH, Alcalinidad, SST, Sólidos disueltos, DBO, DQO, Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, OD.	15 días después de iniciada la adecuación de una trinchera. y semestralmente.
2.3 Quejas	Reporte	Registro de quejas de la comunidad.	Permanente

2.5.5 Impactos y objetivos ambientales

N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Deterioro de la calidad del agua superficial.	Vertimientos de aguas domésticas y de agua lluvia que arrastra material de suelo y sedimentos en zonas principalmente descapotadas y desprovistas de vegetación.	Minimizar el vertimiento de sedimentos y lixiviados a los drenajes de agua lluvia.

2.5.6 Procedimientos

- **Sistema de Recolección**

El sistema de recolección de fondo comprende la construcción de un filtro principal. Longitudinalmente y en dirección de fondo se debe construir el filtro principal consistente en una tubería perforada de polietileno de alta densidad de 0.20 m envuelta en material granular. Los filtros serán conformados sobre una zanja construida durante la excavación de fondo. Al final del relleno la tubería de recolección de fondo será conectada a otra tubería de 0.20 m que conducirá el lixiviado hasta el pondaje de control.

- **Sistema de conducción de lixiviados**

Consiste en la instalación de la tubería de conducción de 0.20 m que conducirá el lixiviado generado en el relleno y recolectado por el filtro de fondo de la misma, hasta el pondaje de control. La colocación de esta tubería incluye la construcción de cajas de inspección.

- **Pondaje de lixiviados**

El diseño ha previsto la construcción de dos pondajes. En la primera etapa del proyecto se construye el primer pondaje que podrá recibir los lixiviados provenientes de las primeras seis trincheras; el segundo pondaje debe estar listo para recibir los lixiviados provenientes del resto de trincheras. Cada uno de los pondajes son de 375 m³ de capacidad, diseñados para un tiempo de retención de 9 días aproximadamente.

Los pondajes tiene como finalidad la de permitir la regulación del caudal previo a su envío a través de las líneas de conducción para su disposición final, permite además la homogenización del lixiviado.

Los pondajes contarán con una geomembrana de polietileno de alta densidad (HD) de calibre 40 Mils (1.5 mm de espesor) dispuesta en el fondo del mismo, sobre una capa de arcilla de 0.40 m de espesor en aquellas zonas desprovista de material arcilloso ($K < 10^{-7}$ cm/s).

Los pondajes deben recibir un mantenimiento consistente en la extracción de lodos que se haya acumulado en el fondo. Dichos lodos, debido a su composición principalmente orgánica, pueden ser deshidratados, estabilizados con cal y dispuestos en el relleno.

Debido a su edad y nivel de estabilización, se espera que dichos lodos presenten características estables por lo que no se requiere tratamiento biológico previo a su disposición final. Sin embargo, su contenido de humedad es alto por lo que se hace necesaria su deshidratación previa a la aplicación de cal. La deshidratación puede realizarse mediante su aplicación en una placa de concreto. Para la estabilización con cal a los lodos se les puede aplicar una dosis del 5% (en peso). Posteriormente, el lodo puede ser dispuesto en el relleno sanitario.

- **Tratamiento de lixiviados**

Los lixiviados salientes de estos pondajes, se entregan a una Caja de Distribución, y de ésta, hacia el sistema UASB. Se utilizará tubería de 4". El tanque UASB se diseñó con una capacidad de 15 m³ y con un tiempo de retención de dos días aproximadamente. Los lixiviados salientes del UASB, se entregan a una Caja de Distribución, y de ésta, hacia el canal de lagunas de tratamiento de lodos. Se utilizará tubería HDPE de 4". Se espera obtener a la salida valores de DBO: 720 mg/L y de DQO: 1440 mg/L.

Del sistema UASB, el lixiviado pasa a un humedal de tratamiento biológico, diseñado para un caudal de 43,2 m³/día y con un área de 360 m², con una profundidad útil entre 45 y 60 cm, un volumen útil de 354 m³.

El efluente tratado en este canal, es recogido y transportado por tubería HDPE 8" hacia una Caja de salida, y llevado (HDPE 8") hacia el humedal de Plantas Emergentes.

El final del tratamiento consiste en una serie de estanques sembrados con plantas que emergen a través de la lámina de agua a tratar, para tratar los 43,2 m³/día (primeros 13 años) y un volumen aproximado de 1300 m³, para un tiempo de retención de 30 días.

2.5.7 Reglas de operación

- El vertimiento a realizar debe cumplir con los parámetros de calidad y forma de disposición establecidos en la legislación ambiental y particularmente en el permiso respectivo (80% de remoción en DBO, DQO, G y A < 100 mg/L).
- Los lodos deben disponerse dentro del relleno únicamente si se encuentran deshidratados y estabilizados químicamente.

2.5.8 Eventos de emergencia

En caso de sobreproducción de lixiviado se deben tener en cuenta las siguientes medidas :

- Atender estrictamente la secuencia de llenado, conformación de la celda diaria y manejo de agua lluvia. En la **Tabla 2-9** se presentan los posibles eventos de emergencia que pueden presentar durante el manejo de lixiviados.

Tabla 2-9 Eventos de emergencia. Manejo lixiviados

Evento		Medida de contingencia	
		Prevención	Contención
1	Sobreproducción de lixiviados	Atender las acciones para el control de agua lluvia del presente manual. Mantener los pondajes en buen estado para su adecuado funcionamiento.	Tratar todo el lixiviado previo vertimiento. Realizar tratamiento físico-químico de lixiviados presente en el pondaje de emergencia.

2.5.9 Seguimiento y Monitoreo

En la Tabla 2-10 se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de conformación de niveles y secuencia de llenado.

Tabla 2-10 Parámetros de seguimiento y monitoreo. Manejo de lixiviados.

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
1. TECNICOS			
2.1 Caudal de lixiviados	l/s	Monitorear el caudal de lixiviado generado y tratado en la planta de tratamiento.	15 días después de iniciada la operación de la PTAR.
2.2 Eficiencia de la	%	Monitorear la calidad	3 meses

FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

PTAR		de lixiviado antes y después de la planta de tratamiento de lixiviados.	
2 AMBIENTALES			
2.1 Calidad del agua	Variables	Monitoreo aguas arriba y aguas debajo de la quebrada la Pichuna. pH, Alcalinidad, SST, Sólidos disueltos, DBO, DQO, Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, OD.	15 días después de iniciada la adecuación de una trinchera.
2.3 Quejas	Reporte	Registro de quejas de la comunidad.	Permanente

+ Ver Ficha RS-08. Monitoreo y control técnico de la operación.

2.6 FICHA RS-06. Mantenimiento general de las Instalaciones

2.6.1 Descripción del sistema

Durante la operación del relleno se debe proceder a realizar un mantenimiento general, de tal forma que se garantice una higiene y conservación técnica adecuada en toda el área del proyecto. El mantenimiento general comprende los siguientes aspectos:

- Reparación de cercas del cerramiento perimetral del predio que puedan verse en mal estado.
- Recolección y disposición de lodos provenientes de la limpieza de los pondajes y del sistema de tratamiento de lixiviados.
- Limpieza de la tubería de conducción de lixiviados.
- Mantenimiento y reparación de las vías de acceso, incluyendo el aseo permanente de las mismas (reafirmados, limpieza de canales, control de la vegetación, etc.).
- Mantenimiento y reparación de las zonas revegetalizadas del relleno y áreas adyacentes.
- Aseo en la totalidad del predio e instalaciones.

- Mantenimiento del sistema de los pozos de monitoreo localizados periféricamente dentro del predio.

2.6.2 Procedimientos

- **Lodos de tratamiento**

Los lodos biológicos extraídos durante el mantenimiento del pondaje deben ser deshidratados y mezclados con cal para ser dispuestos dentro del relleno.

- **Cerramiento perimetral**

La reparación de las cercas del proyecto que limitan con predios privados deben realizarse de tal forma que se ajuste a las especificaciones técnicas del cerramiento previstas en el diseño.

- **Limpieza de la tubería de drenaje de lixiviados**

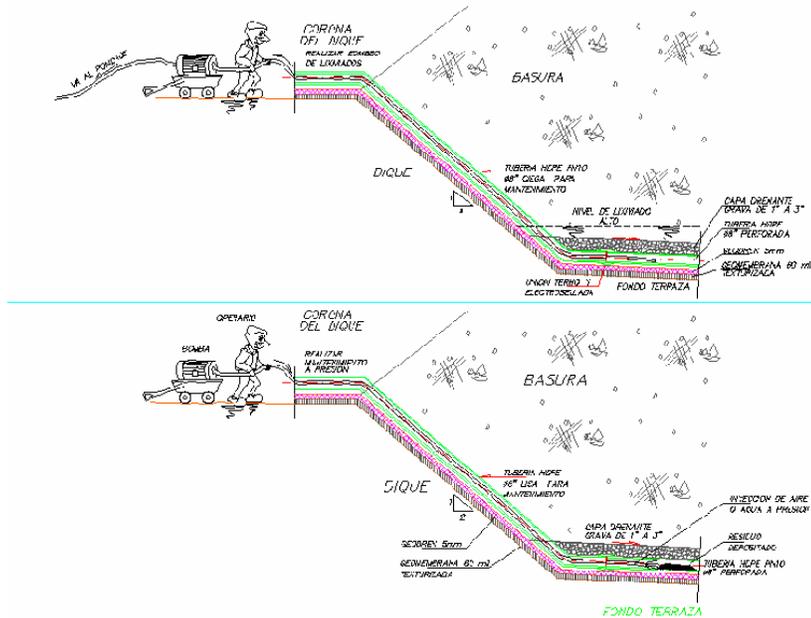
El diseño ha previsto la incorporación de tubos en la parte periférica del relleno sanitario que permiten la limpieza de las tuberías de recolección de lixiviados. Dicha limpieza está encaminada al retiro del material sedimentado e incrustado en la tubería, así como la limpieza de los orificios de la misma, con el fin de garantizar su normal funcionamiento.

La limpieza de las tuberías de los filtros principales se realizaría a través del tubo de limpieza por la parte superior y de la caja de lixiviados por la parte inferior. La limpieza debe realizarse durante la operación del relleno, con una frecuencia semestral. La limpieza se debe realizar mediante la utilización de agua a presión inyectada a través del tubo de limpieza.

Adicionalmente se puede realizar limpieza mediante la utilización de una tubería flexible de 1 a 2" de diámetro que se introduce a través del tubo de limpieza y con la aplicación de agua a presión.

En vista de que la limpieza que se pretende realizar es de carácter físico, el agua a utilizar en el lavado puede corresponder al lixiviado presente en el humedal de plantas emergentes.

Figura 2-5 Limpieza de tubería de drenaje de lixiviados



Fuente: Adaptado. Manual de Operación. Relleno sanitario Doña Juana. Zona VIII. 2001

2.7 FICHA RS-07. Higiene, salud ocupacional y seguridad industrial

2.7.1 Descripción del sistema

El proyecto de relleno sanitario debe contar con unas normas de higiene, salud ocupacional y seguridad industrial encaminadas a cumplir con los siguientes objetivos:

- Prevenir los riesgos hacia los trabajadores asociados al manejo de los residuos y las labores inherentes a la operación.
- Prevenir las enfermedades profesionales de los trabajadores.
- Prevenir los accidentes de trabajo.
- Prevenir los daños hacia la salud de los trabajadores, la infraestructura o las propiedades del relleno sanitario.

- Garantizar el apropiado desempeño del personal, en las labores que éste realiza.

Para el cumplimiento de estos objetivos se proponen, las acciones que a continuación se presentan.

Capacitación

Todo personal nuevo que ingrese a laborar en el relleno debe estar capacitado en el programa de higiene, salud ocupacional y seguridad industrial. Adicionalmente, se deben realizar charlas de 8 horas durante cada semestre en los siguientes aspectos:

- Procedimientos apropiados de ejecución de las actividades propias del manejo y disposición de residuos
- Uso de Herramientas
- Manejo de cargas
- Manejo de combustibles
- Orden y aseo
- Riesgos de las actividades propias de la operación, prevención y control
- Enfermedades profesionales, prevención y control
- Uso de los implementos de seguridad personal
- Programa de medicina preventiva
- Primeros auxilios

Programa de medicina preventiva

Previamente a la contratación del personal para la operación, se debe realizar los exámenes preocupacionales, que permita registrar las condiciones de salud del trabajador y evaluar su capacidad para desempeñar las labores propias de la operación. Anualmente se deben practicar consultas a todos trabajadores encaminadas a cumplir con los siguientes objetivos:

- Determinar alteraciones en la salud relacionadas con el riesgo a que se encuentra expuesto durante su trabajo.
- Identificar posibles tendencias
- Prevenir y controlar el desarrollo de enfermedades profesionales.

- Evaluar el uso de equipos e implementos de protección personal

Durante la realización de las consultas periódicas se debe revisar el cumplimiento del programa de vacunas, acorde con los riesgos de salud a los que se encuentran expuestos, de acuerdo a las recomendaciones del médico de salud ocupacional. Las consultas y controles médicos a los trabajadores pueden ser realizados a través de la empresa promotora de salud (EPS) y la evaluación de riesgos profesionales puede realizarse a través de la Aseguradora de Riesgos Profesionales (ARP), que por ley deben contar todos los empleados del relleno.

Programa de seguridad industrial

El programa de seguridad industrial comprende todas aquellas acciones encaminadas a la prevención, minimización y control de los factores de riesgo para la generación de accidentes e incidentes de trabajo. Como parte del programa se deben realizar las siguientes labores:

- Se debe verificar que los empleados tienen un conocimiento apropiado acerca de los riesgos asociados a las labores que desempeñan.
- Incluir dentro del programa de entrenamiento una capacitación específica a los empleados, respecto a la labor que van a desempeñar. Debe incluir riesgos en los trabajos, su prevención y control.
- Se debe investigar y documentar los incidentes y accidentes de trabajo. Se deben tomar medidas para evitar su reincidencia.
- Prohibir el uso de cornetas o pitos que emitan altos niveles de ruido, de modo que no se viole el decreto 948 de 1995 y sus decretos reglamentarios.
- Realizar mantenimiento periódico de los equipos, maquinaria y vehículos, garantizando la correcta sincronización y carburación de los motores.
- Evitar el empozamiento de aguas residuales y el vertimiento de las mismas a cuerpos de agua o drenajes naturales sin tratamiento previo.

- Todas las zonas de trabajos e interés de la zona del proyecto deben delimitarse y señalizarse debidamente, de acuerdo a las especificaciones de diseño. Dentro de las señales se debe incluir, entre otras, las siguientes:
 - Valla principal en la entrada en la que se indique el nombre de la zona, fecha de inicio, vida útil, actividades realizadas y nombre del operador.
 - Señales de dirección a frente de trabajo.
 - Velocidades de circulación.
 - Señales de procedimientos de descargue.
 - Señales de salidas de emergencia.
 - Zona de manejo de lixiviado.
 - Localización y numeración de piezómetros.

Inspecciones

Continuamente se deben realizar inspecciones de las condiciones de trabajo y de seguridad en los siguientes aspectos:

- Frentes de trabajo
- Vías de acceso
- Herramientas y equipos de trabajo
- Vehículos de transporte de residuos
- Áreas de mantenimiento de maquinaria

Higiene Industrial

Comprende las acciones dirigidas a prevenir la presencia de enfermedades profesionales y asegurar unas condiciones de salubridad adecuadas. Dentro del programa de higiene industrial del proyecto se deben desarrollar las siguientes actividades:

- Se debe exigir la utilización de silenciadores y filtros de retención de partículas en los exostos de los vehículos, maquinaria y equipos, del proyecto.
- Se debe verificar que todos los empleados utilizan debidamente los implementos de protección personal (ver **Tabla 2-11**).
- Todos los trabajadores deben colocarse el uniforme y equiparse con los implementos de protección personal, previamente al inicio de los trabajos.

- Diariamente al finalizar las labores de trabajo, todo el personal operativo debe bañarse en el área de duchas y cambiarse la ropa antes de retirarse de la zona de trabajo.
- El uniforme de trabajo debe ser guardado en los casilleros y no debe portarse fuera de las instalaciones del relleno. Este uniforme solo podrá ser utilizado como máximo por 3 días, tiempo en el que se deberá lavar para su próximo uso.
- Se debe prohibir el consumo de alimentos en las áreas de trabajo, especialmente en las áreas del relleno sanitario.

Tabla 2-11 Elementos de protección personal.

ASPECTO	DOTACION
Cabeza	Casco, tafílete, cachuchas, togas para soldadores, casco tipo minero (con luz)
Auditiva	Protectores tipo copa, diadema, tapones, otros.
Ocular	Caretas para soldar y esmerilar, caretas contra ácidos, monogafas, lavaojos tipo industrial
Respiratoria	Mascaras y canister antigases – respiradores doble cartucho, filtros químicos contra diferentes contaminantes – filtros químicos – respiradores desechables-máscaras especiales con filtros (povo-humos).
Manos	Guantes de cuero, dieléctricos, contra ácidos, soldadores, caucho tipo industrial, aseadoras, para cirugía, nitrilo 18".
Pies	Zapatos de seguridad con puntera, zapatos dieléctricos, botas de caucho altas, corrientes y con puntera, botas tipo pantalón con o sin puntera, zapatos antideslizantes, botas de media caña en cuero.
Tronco	Vestido neopreno (2 piezas), poncho de caucho, cinturones de seguridad, chaleco reflectivo, peto, caucho contra ácidos, sobretodo de caucho, equipo salvavidas, vestidos para electricistas, vestidos impermeables enterizos, chompas acolchonadas (diferentes tipos), overoles térmicos.

Fuente: Adaptado por el Estudio. 2004.

2.7.2 Reglas de operación

- En la zona de trabajo se debe contar con un equipo de primeros auxilios.
- Todo el personal que labora en el relleno debe conocer el programa de higiene, salud ocupacional y seguridad industrial
- Todos los empleados que laboren directamente en las instalaciones del relleno sanitario o que ingresen periódicamente (interventor, inspector y supervisor) deben contar con las vacunas que el médico de salud

ocupacional estime necesaria para la prevención de enfermedades asociadas a los riesgos de la operación del relleno.

- Todas las personas deben tener una hoja de vida en el archivo de personal de la compañía, la cual debe contener los resultados de los exámenes médicos periódicos de salud ocupacional (Historia clínica), así como los registros de incidentes en que se ha participado.
- Todo personal que labora en el relleno debe portar uniforme con el logo y nombre de la empresa operadora. Se debe restringir el ingreso de personal ajeno a la operación del relleno.
- Se debe velar por la conservación permanente del cerramiento perimetral de la zona del proyecto
- Se debe contar con una caseta provista de sanitarios, duchas y vestieres para todo el personal que labora en el relleno.
- En la zona de trabajo del pondaje de lixiviados debe contar con una ducha de emergencia.
- El operador del relleno debe contar con un manual de higiene, salud ocupacional y seguridad industrial el cual debe ser objeto de permanente revisión y actualización periódica.
- En la cartelera de la zona administrativa y en forma visible a todo el personal que ingresa al relleno, se deben colocar los teléfonos de emergencia (Hospital o centro de salud mas cercano, bomberos, defensa civil, oficina de atención de emergencias del municipio de Leticia y cruz roja)

2.8 FICHA RS-08. Monitoreo y control de la operación

2.8.1 Descripción del sistema

El programa de monitoreo y control de la operación consiste en realizar el seguimiento periódico de un conjunto de parámetros operativos, de tal forma que permita evaluar el estado y la operación de todos los sistemas previstos para el manejo de los residuos, así como los sistemas de control y medio ambiente asociados a la operación del relleno.

El programa comprende un monitoreo técnico y un monitoreo ambiental. El monitoreo técnico permite evaluar los sistemas propios de manejo de los

residuos. El monitoreo ambiental es del previsto en el estudio de impacto ambiental para realizar seguimiento a las afectaciones que el proyecto causa sobre el medio ambiente. Por tal razón el monitoreo ambiental no será considerado en este documento.

El monitoreo de carácter técnico comprende los siguientes aspectos.

- Llevar un registro diario o continuo de los vehículos y la cantidad de residuos que ingresan al relleno para su disposición final del relleno.
- Realizar inspecciones para el control de la correcta operación en el frente de descargue (tamaño, altura, tiempo de descargue, presencia de vectores). Estas inspecciones deben ser realizadas diariamente.
- Determinar la densidad de los residuos compactados, con un frecuencia de por lo menos cada 6 meses.
- Determinar las características físicas de los residuos dispuestos, con una frecuencia de por lo menos cada 6 meses.
- Realizar levantamiento topográfico inicial (durante la adecuación de las fases o trincheras) y periódico durante el llenado para determinar el porcentaje de llenado, por lo menos cada año.
- Efectuar un monitoreo de la estabilidad geotécnica del relleno, por lo menos cada 6 meses bajo condiciones normales de operación.
- Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de lixiviados cada 3 meses.

2.8.2 Procedimientos

Registro de vehículos y residuos

Este monitoreo consiste en el registro diario de los vehículos y cantidad de residuos que ingresan diariamente en el relleno sanitario. El registro de vehículos y materiales que entran o salen del relleno sanitario se llevará a cabo mediante el uso de formatos que permitirá registrar los siguientes aspectos:

- Fecha, hora de ingreso, identificación del vehículo (placa), empresa transportadora, municipio de procedencia, capacidad y cantidad de residuos sólidos con destino al relleno sanitario (ton).
- Para estimar la cantidad de residuos que ingresa, se puede realizar como la diferencia de peso del vehículo lleno (al ingresar) y el vehículo vacío (al salir del relleno).

Inspecciones en el frente de trabajo

Durante la operación del relleno se llevará un control en el frente de trabajo que permita evaluar su operación adecuada acorde con los parámetros de diseño. En este sentido se debe realizar seguimiento a los siguientes parámetros:

- **Frente de descargue:** El control sobre el ancho de descargue se realizará continuamente a través de los inspectores de campo y se verificará que éste no sea mayor al ancho de la celda diaria prevista en los diseños.
- **Altura de frente de descargue:** El control sobre la altura de la celda diaria se realizará continuamente a través de los inspectores de campo y topografía de campo. Se verificará que la altura de la celda diaria o espesor de los niveles no sea superior la altura de la celda diaria prevista en los diseños.
- **Tiempo de descargue:** En el frente de trabajo se deben realizar mediciones con cronometro del tiempo que tardan los vehículos en entrar y salir del frente de descargue. Para tal efecto, durante la medición se tomarán por lo menos 10 vehículos/mes de las empresas de servicio y particulares y se determinará su valor promedio, el cual no debe sobrepasar los 15 minutos.
- **Presencia de vectores:** Continuamente se debe inspeccionar que el frente de trabajo y se verificará la existencia de vectores con el fin de establecer la necesidad de proveer su control, mediante fumigación.
- **Cobertura de los residuos:** Continuamente se debe realizar inspecciones de tal forma que los residuos estén debidamente cubiertos y que las zonas rellenas cuente con el plástico temporal y que éste se esté colocando adecuadamente así como en forma oportuna. Se debe verificar que todo el relleno se encuentre permanentemente cubierto con plástico, excepto el frente de

descargue de los residuos, los corredores viales y las zonas con cobertura final.

Densidad de compactación de los residuos en el relleno

Cada tres meses se debe verificar el nivel de compactación que presentan las basuras en el relleno con el fin de verificar la efectividad de las labores de compactación en el frente de trabajo, así como poder comparar con el valor de diseño. Para la determinación de la densidad se puede seguir el siguiente procedimiento:

- Seleccionar una zona del relleno donde se va a realizar la prueba con una edad no superior a 2 días,
- Perforar un hueco de dimensiones aproximadamente regulares y de un tamaño mínimo de 1.0 x 1.0 x 0.50. El hueco puede ser perfilado con el uso de cortador con el fin de retirar especialmente el material plástico.
- El material extraído debe ser recolectado separadamente. Dicho material debe ser pesado mediante el uso de una báscula con lo cual se determinaría el peso de los residuos (W_{rs} en Kg).
- El hueco limpio y perfilado debe ser cubierto con un plástico de polietileno de baja densidad y posteriormente debe proceder a llenar el hueco con agua de tal forma que el plástico retenga el agua en el hueco.
- El agua introducida debe ser pesada previamente al llenado del hueco, con lo cual se determinaría el volumen del hueco (V_{rs} en m^3). Para su determinación puede emplearse una densidad de agua de $1,000 \text{ Kg}/m^3$.

La densidad de la basura compactada en el sitio de análisis puede ser determinada mediante la siguiente expresión:

$$\text{Densidad basura en el relleno (Kg}/m^3) = \frac{W_{rs}}{V_{cl}}$$

El día del análisis se debe realizar por lo menos tres pruebas de densidad. El valor de la densidad promedio se debe comparar con el valor de diseño. En caso de que dicho valor sea menor, se deben revisar los procedimientos de operación en el frente de trabajo y realizar los correctivos operacionales

necesarios para mejorar la compactación. Este parámetro se considera relevante para la operación, ya que deficiencias respecto al valor de diseño repercutirán principalmente en una reducción de la vida útil del proyecto.

Alternativamente, la densidad del relleno puede ser determinada topográficamente mediante la determinación del volumen del relleno por métodos topográficos y la determinación del peso de los residuos con la información recolectada en la caseta de registro y control. La utilización de éste método permitirá determinar la densidad de los residuos durante todo el periodo de llenado, así como la densidad de los residuos para periodos mensuales, mediante la comparación de la cantidad de residuos dispuestos (que ingresaron al relleno) y el volumen de relleno dispuesto en el periodo de análisis. En cualquier caso la densidad del relleno debe cumplir como mínimo con la especificación de diseño. Este cálculo se puede realizar anualmente empleando la topografía de la apariencia final que se debe llevar con dicha periodicidad.

Características físicas de los residuos

Se debe determinar la composición física de los residuos sólidos con el fin de establecer el tipo de residuos dispuestos y su variación con el tiempo. Una de los objetivos de esta determinación es poder evaluar la participación de residuos peligrosos industriales e incluso hospitalarios que ingresan al relleno sanitario. Para la determinación de la composición física de los residuos sólidos se debe seguir el siguiente procedimiento, correspondiente al método de cuarteo:

- Aleatoriamente se debe seleccionar por lo menos un vehículo que dispone los residuos en el relleno con residuos (para la toma de una muestra).
- El vehículo seleccionado debe ser trasladado a una zona del relleno que no se encuentre afectada por el tráfico u operación del frente de trabajo
- Sobre dicha zona se debe extender una geomembrana o plástico el cual constituirá el área de trabajo.
- Los residuos deben hacerse descargar junto al área de trabajo. La cantidad de residuos que debe descargar el vehículo debe corresponder a más del 20% y a no menos de 2 m³.

- Dichos residuos deben ser mezclados y homogenizados mecánica o manualmente.
- Posteriormente se deben conformar dos montículos con los residuos de igual volumen (aprox. 2.0 m³)
- Se debe tomar uno de los montículos y homogenizar los residuos y de nuevo se debe tomar la mitad de los residuos (1.00 m³)
- La ultima mitad debe ser trasladada al área de trabajo en donde se conformarán montículos correspondientes a cada uno de los componentes que se encuentren en la muestra (papel oficina, cartón, plástico de baja densidad, plástico de alta densidad, vidrio, metales, madera, residuos de alimentos, residuos de jardín o maleza, residuos peligrosos (hospitalarios, industriales y residenciales, artefactos, icopor, tierra, etc.).
- Cada uno de los componentes de la muestra deben ser pesados mediante el uso de báscula y los pesos deben ser llevados a una tabla o formato en donde se debe determinar el porcentaje de cada componente.

Levantamiento topográfico inicial y periódico

Durante la adecuación del terreno para la preparación de una nueva fase de operación se debe realizar un levantamiento topográfico en el que se registren todas las obras realizadas en planta y corte, de tal forma que se obtengan los planos de construcción de la obra "As Built". Estos planos permitirán conocer la localización real de las obras en campo, lo cual es fundamental para futuros desarrollos del proyecto, reparaciones y atención de emergencias.

De otra parte, durante la operación del relleno se deben realizar levantamientos topográficos anuales que permita determinar la apariencia y volumen del relleno. Lo anterior permitirá comparar con la capacidad total de la trinchera (o fase) en operación y determinar el porcentaje de llenado mediante la siguiente expresión:

$$\text{Porcentaje de llenado (\%)} = \frac{\text{Volumen relleno (m}^3\text{)}}{\text{Capacidad o volumen total (m}^3\text{)}} \times 100\%$$

Esta formula puede ser aplicada para la etapa o terraza que se encuentre en operación y para todo el relleno sanitario.

El porcentaje de avance del relleno permite establecer la necesidad de adecuación de nuevas fases. Si se estima que el porcentaje de llenado de alguna de terrazas es mayor al 70 % (o tiempo de relleno restante menor a 4 meses), se debe proceder a adecuar la siguiente fase para la disposición de los residuos de acuerdo con los planos de diseño y manual de operación y mantenimiento.

Monitoreo de la estabilidad del relleno

Como medida de prevención ante los posibles deslizamientos en el relleno sanitario se realizará un monitoreo de los siguientes parámetros:

- **Control topográfico:** En la superficie del relleno se deberán instalar puntos de control topográfico que permitan establecer los movimientos horizontales y verticales de la masa del relleno, así como las tasas y direcciones de los movimientos. En tal sentido, para condiciones normales de operación, cada tres meses se tomarán lecturas de las coordenadas en los puntos de control
- **Presiones de poros:** Sobre la superficie del relleno y en las zonas ya rellenas, se deberán instalar baterías de piezómetros (baterías de 3 piezómetros a 1/3, 2/3 y 3/3 de profundidad) que permitan establecer las presiones de poros generada por efecto de los gases y lixiviados. Esta información será empleada para determinar el factor de seguridad en caso de detectarse evidencias de fallas y será empleada para la determinación de acciones encaminadas a su control. Las lecturas deberán tomarse cada tres meses, bajo condiciones normales de operación.
- **Presencia de grietas y brotes de lixiviados:** A través de inspecciones continuas en la superficie del relleno se identificará la presencia de grietas y brotes de lixiviados. Las grietas serán caracterizadas por su longitud, ancho y dirección y los brotes por su localización y caudal si es posible. La localización de las grietas deberán llevarse a nivel de planos.
- **Caudal de lixiviados:** Mensualmente se debe determinar caudal de lixiviado que se genera en el relleno sanitario. Para tal efecto, en la entrada de los pondajes se pueden realizar mediciones volumétricas. La determinación del caudal debe realizarse semanalmente. Para la

determinación del caudal se deben tomar 3 lecturas diarias con un espaciamento mínimo de 2 horas. Los valores obtenidos deben ser graficados y se debe determinar el caudal promedio diario. La medición del caudal se basa en la siguiente expresión:

$$Q = V/t$$

Donde:

- Q : Caudal de lixiviado a la salida del pondaje en l/s
V : Volumen almacenado en el recipiente volumétrico, litros.
t : Tiempo en que se completa el volumen almacenado en el recipiente volumétrico, en segundos.

El tiempo puede ser valorado mediante la deferencia entre la hora inicial y la hora final. Se deben graficar los valores medidos junto con los datos anteriores para cada año. Los caudales estimados deben ser comparados con los caudales medios anuales estimados en el diseño. Su comparación debe permitir establecer si se está acumulado el lixiviado en la masa del relleno o si se están descuidando las medidas de manejo para el control de agua lluvia en el relleno.

Eficiencia del sistema de tratamiento de lixiviados

Para evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de lixiviados se deberán valorar los parámetros de interés a la entrada y salida de la planta. Para tal efecto se recomienda que se evalúen los siguientes parámetros:

- Caudal tratado
- pH
- Demanda Biológica de oxígeno (DBO₅)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Sólidos totales
- Sólidos suspendidos totales
- Grasa y aceites
- Fenoles
- Nitrógeno orgánico total
- Nitrógeno amoniacal
- Nitratos y nitritos
- Fósforo
- Dureza
- Alcalinidad
- Metales pesados (Mercurio, Plomo, Cadmio, Niquel, Zinc, Arsénico).

La calidad del lixiviado después de tratamiento y las eficiencias de remoción deben ser comparadas con los estándares de calidad fijados por la autoridad ambiental y deben cumplir como mínimo, con lo establecido en el Decreto 1594/84.

2.8.3 Reglas de operación

- Las determinaciones analíticas de laboratorio deben realizarse de acuerdo a las normas del Standard Methods form Examination Of Water and Waste Waters. 18ª. Edición o superior.
- El programa de monitoreo ambiental puede realizarse a través de un laboratorio de calidad de aguas. Este laboratorio debe ser de reconocido nombre, portar los debidos permisos y ser aceptado por la autoridad ambiental (Corpoamazonia).
- Durante el muestreo de la calidad del agua o lixiviados, se deben seguir las técnicas apropiadas de preservación y muestreo, siguiendo las instrucciones dadas por el laboratorio.

2.8.4 Eventos de emergencia

Control de la estabilidad geotécnica el relleno

Si bien el relleno sanitario ha sido diseñado para garantizar unas condiciones apropiadas de estabilidad geotécnica durante su operación y postclausura, a continuación se prevén las medidas que se deben adoptar en caso de que se detecten evidencias de inestabilidad o posibilidad de deslizamiento del relleno. Estas son:

- Los toma de lectura de presiones de poros y control topográfico debe cambiarse a una frecuencia diaria
- Se deben construir inclinómetros en la zona de interés, localizados estratégicamente dependiendo de la zona afectada.
- Se debe analizar si las presiones de poros se encuentran altas (superior al 40% de la altura del relleno equivalente en columna de agua).
- Si las presiones de poros en el relleno se encuentran altas se debe proceder a realizar la limpieza de las tuberías de recolección de lixiviados de fondo del relleno. Para tal efecto se deben seguir los procedimientos señalados en la ficha RS-06.

- Si después de tres días continúa la presencia de presiones altas en el interior del relleno, se debe iniciar la construcción de las chimeneas de extracción forzada de gas. Adicionalmente se debe adelantar las gestiones para dar inicio a la extracción forzada de gas por etapas iniciando en las zonas donde se ha detectado presiones de poros altas.
- Mientras se inicia la extracción forzada de gas se debe monitorear el nivel de fluidos en la masa del relleno a través de las chimeneas construidas. Dichos fluidos deben ser extraídos y conducidos al pondaje de control.
- Si existe presencia de grietas en la superficie del relleno se debe proceder a su sellado mediante su lleno con arcilla.
- Mediante levantamiento topográfico se deben tomar perfiles del relleno y determinar el factor de estabilidad en las secciones mas criticas del relleno. El análisis debe realizarse para las condiciones de presiones de poros presentes en el relleno. En caso de que estas varíen se debe realizar de nuevo la evaluación de su estabilidad para determinar la mejoría o deterioro de las condiciones de estabilidad y la efectividad de las medidas adoptadas para su control.

2.9 FICHA RS-09. Organización para la Operación

2.9.1 Descripción del sistema

Para la operación normal del relleno sanitario se hace necesario de la utilización de unos recursos humanos y técnicos mínimos y que serán complementarios a la organización existente en el relleno sanitario.

Actividades del proyecto

La operación del relleno sanitario se puede dividir en las siguientes tareas básicas:

- Recepción y registro de ingreso de residuos y vehículos.
- Mantenimiento general del predio (vías, cunetas, cerramiento, limpieza general, poda pastos y árboles, limpieza desarenadores, empradización, etc.).

- Operación en el frente de trabajo (conformación de niveles, descargue de vehículos, preparación filtro, etc)
- Mantenimiento y operación del sistema de tratamiento de lixiviados.
- Programa de monitoreo técnico y ambiental.
- Preparación de nuevas fases

Para la ejecución de estas actividades se hace necesaria una organización y la utilización de unos recursos. Actividades tales como: recepción y registro de ingreso de vehículos y residuos, mantenimiento general del predio, el programa de monitoreo ambiental y la preparación de nuevas fases son labores que deben integrarse a la organización general del relleno sanitario. Para las demás actividades se propone los siguientes recursos:

Recursos humanos

Dentro de los recursos humanos se requiere de una planta de personal conformado de la siguiente manera:

1- Coordinador

El coordinador deberá ser un ingeniero civil, ambiental, o sanitario con experiencia en ejecución y administración de obras civiles y ambientales, preferiblemente con experiencia en proyectos de disposición de residuos sólidos.

Dentro de las funciones que debe desempeñar se encuentran las siguientes:

- Dirigir y coordinar todas las actividades y acciones requeridas para la correcta operación del relleno y verificar que estas se realicen adecuadamente.
- Coordinar la ejecución del programa de monitoreo técnico y ambiental
- Coordinar la elaboración de programas de ejecución de obras y llenado del relleno
- Verificar que se realice un adecuado mantenimiento de todas las instalaciones del relleno sanitario
- Evaluar el desempeño de las personas que laboran en el relleno
- Supervisar el programa de higiene, salud ocupacional y seguridad industrial del relleno
- Coordinar el programa de entrenamiento del personal

- Firmar los reportes de incidentes, accidentes o emergencia que se presente.

Será responsabilidad del coordinador conocer detalladamente los documentos de diseño (planos, manual de operación, especificaciones técnicas e informe final).

2- Supervisor de Operaciones

En la operación del relleno, es necesario contar con un ingeniero civil con experiencia en obras de construcción y administración de personal. El supervisor realizará un control permanente de las actividades propias de la operación del relleno en campo, supervisar la labor de descargue y secuencia de llenado del relleno y ejecutar las acciones que en coordinación con el coordinador se establezcan diariamente.

3- Personal Operativo

La operación del relleno requiere de una planeación continua de las actividades que se realizan durante la operación. En este sentido y de acuerdo con las necesidades se debe contar con el personal requerido para realizar las siguientes labores:

- Manejo de tráfico de vehículos en el corredor y frente de descargue
- Colocación y retiro del plástico de cobertura temporal
- Realizar actividades propias del monitoreo técnico
- Mantenimiento general de las instalaciones
- Limpieza de tubería de lixiviados
- Operadores de maquinaria

El personal, operativo debe cumplir entre otros, con las siguientes funciones:

- Cumplir con todas las normas de seguridad e higiene establecidas por la Empresa.
- Observar los procedimientos de seguridad y asumir un papel activo para su propia protección, para la de sus compañeros y para la de la Empresa.

- Observar los procedimientos de Salud Ocupacional y asumir un papel activo para su propia protección, para la de sus compañeros y para la de la Empresa.
- Solicitar y utilizar los elementos de protección requeridos para el desarrollo seguro de su labor.
- Informar a sus superiores, condiciones, prácticas y comportamiento peligrosos en los lugares de trabajo y, presentar sugerencias para su corrección; participar en la elaboración de normas y procedimientos seguros de trabajo.
- Informar inmediatamente todos los incidentes y/o accidentes que sufra, solicitando la atención médica oportunamente.
- Conocer con exactitud sus funciones o deberes en caso de accidentes y/o emergencias.
- Participar activamente en las charlas y cursos de capacitación que se invite.
- No efectuar ninguna labor que presente riesgo, sin el pleno conocimiento y destreza, antes de solicitar indicaciones por parte del jefe inmediato.
- No efectuar labores o manejar equipos sin previa autorización de su jefe inmediato.

4- Médico

Durante la operación del relleno se debe disponer de la atención médica adecuada, de acuerdo con el plan de salud ocupacional y seguridad industrial del relleno sanitario, para lo cual se debe contar con un médico de tiempo parcial, con experiencia en programa de higiene y salud ocupacional, que realice consultas periódicas del personal, realice un seguimiento de las enfermedades profesionales que puedan adquirir y presente charlas de orientación al personal para la prevención de riesgos profesionales del personal que opera en el relleno. Alternativamente estas labores pueden ser desarrolladas a través de la empresa promotora de salud (EPS) y agencia de riesgos profesionales (ARP).

5- Asesor especializado

Dentro de la estructura de personal, permanentemente se debe contar con un asesor externo o experto en la operación técnica y ambiental del relleno sanitario. Dentro de las funciones que desempeñaría el asesor se encuentran las siguientes:

- Realizar evaluaciones periódicas de la operación en el relleno y proponer las medidas para su mejoramiento.
- Conceptuar sobre cambios operacionales que puedan surgir durante la operación
- Resolver dudas sobre obras de construcción y procedimientos de operación
- Asesorar en la definición de acciones para solucionar eventos de contingencia que puedan presentarse

6- Vigilancia

Dentro de los requerimientos de personal se requiere de un personal encargado de la vigilancia y seguridad física de las instalaciones. La vigilancia debe prestarse las 24 Horas.

Recursos Técnicos

Dentro de los materiales, equipos y herramientas requeridas para la operación se tienen, entre otros, los siguientes elementos:

- Un equipo de compactadores especializados en rellenos sanitarios tipo pata de cabra o bulldozer. Dicho equipo debe cumplir con especificaciones de rendimiento de tal forma que la capacidad total de compactación y disposición de residuos sea igual o superior a la cantidad de residuos que se dispone diariamente en el relleno (hasta de 150 t/d). El equipo debe incluir maquinaria de relevo cuando se requiera mantenimiento periódico o reparación de la maquinaria en operación.
- Volquetas, bulldozer, niveladores y demás maquinaria requerida para la adecuación de vías temporales en material de afirmado sobre el relleno.

- Implementos de aseo (Cepillos, escobas) para el mantenimiento y aseo general

El equipo anteriormente citado puede combinarse con miras a cumplir con los procedimientos de conformación y compactación del relleno de acuerdo con lo previsto en los diseños. En caso de ser necesario o conveniente para la operación, éste equipo puede ser sustituido por uno de características similares, por un equipo que permita conformar los niveles con los procedimientos establecidos en el presente manual y lograr las especificaciones técnicas de diseño.

2.9.2 Reglas de operación

- En los archivos del relleno sanitario, se debe llevar un inventario actualizado de todos los recursos técnicos existentes (en operación y reserva) para la operación del relleno
- Todo personal que labore en el relleno debe estar debidamente entrenado en las labores que desempeñe.
- El personal que labora en el relleno debe contar con un carné que lo faculte para su desempeño en este tipo de operaciones.
- La maquinaria que sea empleada en la operación del relleno deberá someterse a mantenimiento periódico y rutinario programado y debe contar con certificado de emisión de gases.
- Previo al mantenimiento de cualquier maquinaria, ésta deberá someterse a un lavado riguroso. Este lavado deberá adelantarse dentro del área del proyecto y las aguas producto de este lavado deberán ser conducidas al pondaje. Para tal efecto se podrá adecuar una zona de lavado junto a la zona de pondajes.

2.10 FICHA RS-10. Compensación Forestal.

2.10.1 Descripción del sistema

La compensación forestal se hará debido a que en la zona de proyecto es necesario intervenir 8,7 Ha de bosque presente en el predio, en el cual se identificaron las siguientes especies de bosque: Arenillo, Tara, Inciencio y Chirimoyo. La compensación forestal se realizará en áreas de protección y conservación que Corpoamazonia determine.

2.10.2 Impactos y objetivos ambientales

N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Pérdida de la Vegetación.	Preparación de fondo y taludes de relleno.	Compensar la intervención causada en el bosque presente en el área del proyecto.
2	Afectación habitats de la fauna.	Preparación de fondo y taludes de relleno.	Proporcionar el habitat natural a la fauna de la zona.

2.10.3 Procedimientos

La compensación forestal comprende las siguientes actividades:

- **Delimitación:** Consistente en la demarcación del contorno perimetral donde se establecerá el repoblamiento forestal.
- **Preparación:** Consistente en la adecuación y conformación del terreno a través de una limpieza del área circundante.
- **Trazado:** Consistente en la colocación de estacas en los sitios de plantación de acuerdo con el método de plantación a emplear.
- **Ahoyado:** Consistente en la excavación de hoyos de 30 cm. de diámetro y 30 cm. de profundidad o de acuerdo con el tamaño de la bolsa.
- **Sistema de Plantación:** El patrón espacial para el modelo de restauración florístico se realizará a través de tres bolillos variando la distancia entre individuos de acuerdo a la topografía del terreno semejando un patrón espacial irregular.
- **Método de Plantación:** Se dispondrán hileras concéntricas combinando estratos arbóreos y arbustivos a través de hileras asimétricas variando distancias de plantación de acuerdo al área a intervenir siguiendo las curvas de nivel del terreno.
- **Plantación:** Se debe desembolsar el material vegetal cuidando de no cortar las raíces y depositando los plásticos en un sitio apropiado para ello. Se colocará el pan de tierra dentro del hoyo, dejando la base del tallo a nivel del terreno y completa.
- **Especies a utilizar** deben ser especies nativas tales como: Arenillo, Tara, Inciencio y Chirimoyo. Especies existentes en el bosque intervenido por la construcción del relleno.
- **Plateo:** Consistente en la limpieza con azadón en un diámetro de 60 cm. alrededor del hoyo.

- Fertilización: Consistente en la adición en el fondo de abono orgánico y recubrimiento con una capa de tierra para evitar el contacto directo con las raíces de las plántulas.
- Riego: Consistente en la implementación de un sistema adecuado de riego (manual) para garantizar el establecimiento de las especies plantadas. Se recomienda 1 ó 2 riegos diarios ya sea en la mañana y/o en la tarde.
- Replanteo: Se realizará transcurrido un mes y medio de la siembra con el fin de reemplazar los individuos marchitos por otros de la misma especie, las cuales tendrán una fisonomía uniforme respecto a las iniciales. Se realizarán replanteos dos veces al año.

2.10.4 Seguimiento y Monitoreo

En la Tabla 2-12 se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de compensación forestal.

Tabla 2-12. Parámetros de seguimiento y monitoreo. Compensación forestal.

Indicador	Criterio de éxito	Descripción	Frecuencia
Hectáreas reforestadas/ Hectáreas planeadas reforestar.	Excelente = 1	Se deben reforestar como mínimo 8,7 Ha con especies de bosque: Arenillo, Tara, Inciencio y Chirimoyo.	La medición del indicador es al final de la reforestación.
Total de hectáreas replantadas / total de hectáreas reforestadas.	Excelente = 1	Se debe mantener las 8,7 Ha con las especies sembradas, por ello se evalúa el replanteo de las mismas.	La medición se hará al mes y medio después de la siembra.
Total de individuos sembrados y replantados/total de hectáreas reforestadas	Excelente = 1	Con este indicador se mide el éxito de la reforestación.	La medición se hará cada año de la siembra y hasta por 3 años, con el fin de evaluar el éxito de la reforestación.

2.11 FICHA RS-11. Información y participación a la comunidad

2.11.1 Descripción del sistema

Esta actividad consiste en que el constructor y operador del relleno dispondrá de un sistema que permita de manera directa y presencial difundir los alcances del proyecto y los beneficios que este traería para el municipio.

Así mismo, con el fin de prevenir conflictos con las comunidades asentadas en el área de influencia del proyecto por una posible afectación de las fuentes hídricas se debe aclarar que la descarga de aguas tratadas se realiza en un drenaje, el cual no es posible emplearlo como fuente de agua para consumo de agua, en virtud que es un cuerpo de agua intermitente y el flujo de agua no es continuo.

Como parte de las acciones que se deben adelantar es mantener la servidumbre por el predio que utilizan las comunidades para acceder a sus viviendas, la cual debe reubicarse hacia el costado noroccidental del predio, área en donde la intervención constructiva es mínima.

2.11.2 Impactos y objetivos ambientales

N	Impacto ambiental	Origen	Objetivo ambiental
1	Promoción Participación Comunitaria	Actividades de Adecuación Inicial y operación del relleno	Suministrar a la comunidad y líderes comunitarios de y autoridades municipales de Leticia, información clara y oportuna sobre los aspectos técnicos del proyecto y sus medidas de Manejo Ambiental
2	Generación de conflictos proyecto-comunidad	Actividades de Adecuación Inicial y operación del relleno	Mitigar la generación de expectativas producidas por la presencia del proyecto y prevenir la circulación de información tergiversada o errónea en torno al mismo

2.11.3 Procedimientos

- Se deben hacer reuniones informativas con autoridades municipales, la comunidad y sus líderes para aclarar todas las inquietudes que tengan al respecto. La reunión debe realizarse en un lugar, fecha y hora concertados con las autoridades y líderes comunitarios.

- La información a suministrar debe presentarse de tal manera que sea de fácil comprensión por parte de los asistentes; apoyándose con material visual.
- En coordinación con las autoridades municipales y líderes comunitarios se convocará a la comunidad de las veredas San Antonio, San José del río, Nazareth, Tacana y las circunvecinas a una reunión para suministrar la información pertinente relacionada con los aspectos técnicos y de manejo ambiental del proyecto.

Esta reunión debe realizarse en el lugar, fecha y hora señalados por la comunidad, por lo menos 15 días antes de iniciar la etapa de adecuación inicial. En la Tabla 2-13, se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la

Tabla 2-13. Parámetros de seguimiento y monitoreo

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
Número de elementos informativos tales como, plegables, volantes, afiches y cuñas informativas. (NJCI) Para este indicador se debe tener como mínimo los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> • 1000 volantes. • 250 plegables • 5 cuñas radiales • 250 afiches 	No. de volantes, afiches, plegables, cuñas radiales	NEI = (No. de elementos informativos/No. De elementos informativos proyectadas antes de la adecuación inicial) x 100	Esta actividad se realizará antes de iniciar las actividades de adecuación inicial

2.12 FICHA RS – 12. Sistema de atención y quejas

2.12.1 Descripción del sistema

Esta actividad consiste en que el constructor y operador del relleno dispondrá de una oficina o punto de atención a la comunidad donde se reciban las diferentes quejas y solicitudes de la comunidad del Municipio, en aquellos casos relacionados con el relleno.

2.12.2 Impactos y objetivos

N	Impacto	Origen	Objetivo ambiental
1	Conflicto con la comunidad por falta de atención	Actividades de Adecuación Inicial y operación del relleno	Establecer un mecanismo que permita a la comunidad informar de manera oportuna y directa posibles irregularidades relacionadas con el proyecto

2.12.3 Procedimientos

- El constructor y operador deberán establecer una oficina de atención a quejas a los ciudadanos, la oficina o deberá contar con una línea directa en donde se reciban las llamadas, así mismo esta deberá poseer la presencia de un sistema de recepción de quejas escritos.
- El constructor y operador deberán establecer un procedimiento de atención de quejas de tal forma que sea visible el tiempo y el tipo de atención que se le brindó al ciudadano.
- El constructor y operador deberá realizar una campaña publicitaria mediante afiches, volantes y cuñas radiales sobre el sistema de atención a quejas

2.12.4 Seguimiento y Monitoreo

En la Tabla 2-14, se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la actividad de manejo.

Tabla 2-14. Parámetros de seguimiento y monitoreo

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
Atención de quejas y solicitudes de la comunidad	No. Quejas y solicitudes atendidas	Este indicador es de carácter cualitativo, simplemente bastará con llevar un registro de las quejas o solicitudes recibidas, contrastándolo con el registro del tratamiento realizado a la solicitudes y quejas	Mensual, mientras duren las etapas de adecuación y operación del relleno

2.13 FICHA RS – 13. Educación Ambiental

2.13.1 Descripción del sistema

Esta actividad consiste en que el constructor y operador del relleno dispondrá de un programa de Educación ambiental que dará a conocer a trabajadores, comunidad del área de influencia directa y a las instituciones como Colegios, ONGS, entre otros;

2.13.2 Impactos y objetivos

N	Impacto	Origen	Objetivo ambiental
1	Conflicto con la comunidad por falta de conocimiento sobre los alcances del relleno.	Actividades de Adecuación Inicial y operación del relleno	Capacitar y entrenar a todo el personal trabajador del RELLENO en el cumplimiento de las medidas de manejo ambiental

2.13.3 Procedimientos

La presente ficha de educación ambiental tiene la siguiente especificidad:

Actividad	Definición	Periodicidad	Característica
Capacitación de Inducción a trabajadores	Se entiende como inducción como la actividad de capacitación e información que se le imparte al trabajador al inicio de su contrato laboral	Se aplica cada vez que existe un ingreso laboral al RELLENO, durante el periodo de CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN	Esta inducción se realizaría bajo las siguientes formalidades de contenido: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Presentación de las condiciones y características y condiciones ambientales del área del RELLENO. ▶ Exposición de las actividades y sus posibles impactos ambientales. ▶ Descripción del Plan de Contingencia ▶ Marco normativo existente <ul style="list-style-type: none"> ◆ Políticas ambientales de la empresa. ◆ Descripción del Plan de Manejo Ambiental.

FORMULACION DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE LETICIA, DEPARTAMENTO DEL AMAZONAS

Manual de Operación y Mantenimiento. Relleno Sanitario de Leticia.

Versión 1

			Costos intangibles y económicos de los impactos causados por actividades inseguras o comportamientos antiecológicos.
Charla de reforzamiento	Se entiende como charla de reforzamiento a la actividad de transmisión de información del PMA, hacia los trabajadores, a fin de recordar conceptos y temas impartidos durante la capacitación inicial	Esta actividad tendría una periodicidad semestral, durante el periodo de reactivación	<p>Esta charla de reforzamiento se realizaría con dos propósitos, primero transmitir a los trabajadores los cambios o nuevas condiciones del PMA o normatividad ambiental. Segundo reforzar aquellas actividades donde se han encontrado fallas en el manejo ambiental. De esta manera, las formalidades de contenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Presentación de las condiciones y características y condiciones ambientales del área del RELLENO. ▶ Exposición de las actividades y sus posibles impactos ambientales. ▶ Descripción del Plan de Contingencia ▶ Marco normativo existente <ul style="list-style-type: none"> ◆ Políticas ambientales de la empresa. ◆ Descripción del Plan de Manejo Ambiental. <p>Costos intangibles y económicos de los impactos causados por actividades inseguras o comportamientos antiecológico</p>
Diseño de campañas informativas escritas, mediante volantes o folletos	Se entiende como campaña informativa a la distribución al personal que labora en el RELLENO, de material escrito donde constantemente	Esta actividad tendría una periodicidad trimestral, durante el periodo de reactivación	Este material escrito recogería los aspectos claves de las conductas ambientales establecidas en el PMA

	se le recuerde las principales normas o conductas ambientales que se deben seguir en el RELLENO		
--	---	--	--

Se debe realizar un seminario Taller sobre Medio Ambiente y Residuos Sólidos, dirigido a los docentes del casco urbano del Municipio de Leticia, incluyendo los docentes y promotores de salud de San Antonio, San José, Castañal, San Sebastián, Tacana.

La ejecución de este Seminario-Taller se coordinará con la Alcaldía Municipal de Leticia y las Secretarías de Educación, para obtener el compromiso tanto de las autoridades como de los asistentes al evento, de la socialización del contenido del mismo entre todos los alumnos y las comunidades educativas. De esta manera, se logrará ampliar considerablemente la cobertura de la capacitación.

CORPOAMAZONIA, deberá hacer seguimiento al cumplimiento de este compromiso, la metodología a implementar deberá acordarse previamente con las autoridades municipales.

Para hacer un adecuado manejo y reflexión de las temáticas se sugiere realizar el Seminario-taller en dos sesiones, de cuatro horas cada una. Como temáticas mínimas a abordar se proponen:

- Legislación Ambiental
- Generalidades sobre Medio Ambiente
- Residuos Sólidos: definición, clasificación, Manejo Integral y sus beneficios, etc.
- Situación histórica del Manejo de Residuos Sólidos en cada municipio.
- Beneficios de la operación del Relleno Sanitario de Leticia.
- Especificidades del Relleno Sanitario (técnicas y ambientales).
- Aporte de la población al manejo adecuado de los Residuos Sólidos y del Relleno Sanitario.

2.13.4 Seguimiento y Monitoreo

En la Tabla 2-15, se presentan los parámetros de monitoreo y seguimiento a la acción de manejo.

Tabla 2-15. Parámetros de seguimiento y monitoreo

Indicador	Unidades	Descripción	Frecuencia
Índice de Asistencia. (IA) Para este indicador se debe tomar en cuenta que la meta de asistencia es del 70% mínimo de asistencias sobre el total de los trabajadores del campo.	Asistentes	$IA = \left(\frac{\text{No. De Trabajadores que asistieron}}{\text{No. Total de Trabajadores de la Empresa}} \right) \times 100$	Para el caso de la comunidad se debe realizar una vez al año. Para los trabajadores se debe realizar de manera semestral

2.14 FICHA RS-14. Programa de Clausura y Posclausura del Relleno

2.14.1 Descripción del sistema

El programa de clausura comprende todas aquellas acciones que se deben adelantar cuando ha concluido la vida útil del proyecto o se ha dejado de disponer residuos en el relleno. Adicionalmente esta etapa se inicia una vez se han concluido la cobertura final definitiva, el sistema de extracción de gases y el sistema de evacuación de lluvias de la superficie del relleno. El programa de clausura comprende las siguientes acciones:

- Evaluar la estabilidad geotécnica del relleno
- Evaluar y reparar el estado de la cobertura final instalada
- Evaluar y reparar el estado de las obras de control de aguas de escorrentía.
- Realizar la disposición del lixiviado existente.
- Definir el uso futuro de los predios del relleno sanitario

Por su parte, el programa de postclausura comprende todas aquellas acciones posteriores a la clausura, correspondientes a la preparación y desarrollo del uso futuro del predio. Para esta etapa se espera que la producción de lixiviados y la generación de gases sea muy baja, por lo cual el relleno presenta una condición estable que permite el desarrollo de su uso futuro.

2.14.2 Procedimientos

Programa de Clausura

En el momento de cierre del relleno se debe realizar una evaluación de la estabilidad geotécnica del relleno sanitario, para los cual se deben adelantar las siguientes acciones:

- Se debe realizar un levantamiento topográfico con la apariencia del relleno.
- Se deben compilar los resultados del monitoreo de la estabilidad del relleno, el cual debe incluir los planos de desplazamientos superficiales del relleno, presiones de poros y presencia de grietas.
- Con base en la topografía y resultados del monitoreo de la estabilidad geotécnica se deben definir las direcciones más probables que podrían tener problemas de estabilidad.
- Sobre dichas direcciones se deben elaborar secciones de corte del relleno y se debe determinar el factor de seguridad del relleno en dichas secciones. Para tal efecto se deben utilizar los parámetros empleados para el análisis de estabilidad de diseño (propiedades de los materiales). Igualmente el análisis debe considerar la presencia de sismo utilizando la aceleración empleada en los diseños. Igualmente el análisis debe tomar en cuenta la presión de poros presente en el interior del relleno en el momento de cierre del mismo.

Del análisis de estabilidad se debe verificar que el factor de seguridad se encuentre por encima de 1.20. En caso de que dicho valor se encuentre por debajo de dicho valor se deben tomar las medidas de control especificadas anteriormente para situaciones de inestabilidad del relleno.

Igualmente durante la clausura del relleno sanitario se debe realizar una evaluación del estado de la cobertura final, y proceder a realizar las restauraciones que sean de caso de tal forma que se garantice una impermeabilización completa del relleno ante el agua lluvia. Para tal efecto se deben realizar las siguientes acciones:

- Realizar rellenos de material arcilloso o material de excavación, en aquellos sitios donde se detecten hundimientos o asentamientos que puedan dar lugar a acumulaciones de agua lluvia.

- Identificar la existencia de grietas y proceder a su sellado mediante llenado con material arcilloso o de excavación.
- En caso de detectarse roturas en la geomembrana de la cobertura final, se debe proceder a realizar su reparación.
- Se debe restaurar la empradización en aquellos sitios donde se detecte un deterioro de la misma.

De otra parte, se debe realizar un monitoreo de la cantidad y calidad de lixiviado, así como el programa de monitoreo ambiental, de acuerdo a los procedimientos descritos anteriormente.

Como parte del programa de clausura, se deben retirar todos los equipos y elementos empleados en el manejo y disposición de los residuos, así como las herramientas menores. Dentro de la clausura del relleno se debe realizar un mantenimiento general de las instalaciones, tales como la restauración del cerramiento, mantenimiento de vías, aseo, mantenimiento de la cobertura final, limpieza de canales, etc.

Programa de Postclausura

Posterior a la clausura del relleno, viene el periodo de postclausura, correspondiente al mantenimiento y seguimiento ambiental del relleno, mientras dura la estabilización biológica de los residuos y la estabilidad geotécnica del relleno. De esta manera, durante la postclausura se deben realizar las siguientes labores.

- Continuar con el monitoreo de los parámetros de estabilidad del relleno, por lo menos 1 vez/año, sin no se evidencian posibilidades de deslizamiento. En caso de inestabilidad se debe incrementar la frecuencia y desarrollar las medidas descritas en la ficha RS-08 (Eventos de emergencia).
- Continuar con el monitoreo técnico de tratamiento de lixiviados con una frecuencia de 6 meses.
- Monitorear la calidad del biogás, valorando la concentración de metano (CH₄) cada 6 meses en por lo menos 10 chimeneas del relleno.
- Continuar con la evaluación de la calidad físico-química de la quebrada Pichuna, con una frecuencia anual.

- Desarrollar las actividades de mantenimiento de la cobertura final, canales de manejo de agua lluvia, retiro de sedimentos de los sistemas de control, mantenimiento y empradización de taludes deteriorados por acción del agua lluvia.

2.15 FICHA RS-15. Preparación de Informes

2.15.1 Descripción del sistema

Cada año el operador de la operación del relleno debe elaborar un informe de actividades que incluya las obras y actividades realizadas en torno a la operación y los recursos de personal y materiales, entre otros.

2.15.2 Procedimientos

Referente a la operación, el informe debe contener, entre otros los siguientes aspectos:

- Introducción.
- Cantidad de residuos que ingresaron mensualmente al relleno, de acuerdo con el municipio y empresas de aseo.
- Resultados del programa de monitoreo técnico y ambiental realizado en el relleno de acuerdo a los alcances establecidos en la Ficha RS-08.
- Listado de visitas (fecha, entidad, motivo de la visita y número de personas).
- Listado de personas que laboran en el relleno, con identificación y función o labor desempeñada.
- Tipo y tiempo del equipo utilizado durante la operación.
- Costos operativos por cada tonelada de residuos dispuestos (Balance anual)
- Se debe reportar las obras desarrolladas en relación con el mantenimiento general del predio tal como, tal como mantenimiento de las vías, cerramiento perimetral, señalización, vegetación, drenajes etc.;

- Reporte de incidentes.
- Desarrollo del programa de salud ocupacional.
- Conclusiones y recomendaciones. Se deben indicar los requerimientos de adecuación de nuevas zonas, necesidades de ajustes operacionales, propuestas de solución para la prevención de riesgos operativos, necesidades de mantenimiento, entre otros.
- Se deben incluir además los requerimientos que contractualmente debe presentar el operador del relleno.

2.15.3 Reglas de operación

- En el informe se debe anexar los reportes de laboratorio suministrados por el laboratorio que realizó los análisis.
- Una copia de los informes escritos y en formato digital debidamente marcados deberán mantenerse ordenadamente en las oficinas administrativas de la compañía operadora.

2.16 FICHA RS-16. Reglas Generales

Para la realización de todas las actividades a garantizar una adecuada operación del relleno sanitario, se han definido unas normas generales. Estas REGLAS generales deben ser de conocimiento de todo el personal que labora o ingresa a las instalaciones del proyecto.

Las reglas generales comprenden las siguientes:

- No se debe permitir la disposición de residuos infecciosos de origen hospitalario, residuos peligrosos, lodos sin tratamiento de origen orgánico o de un proceso industrial, cenizas de incineración y contenedores con residuos líquidos.
- No se debe permitir el uso, tránsito, estacionamiento ni lavado de equipo móvil en lechos de quebradas u otros sitios distintos a los autorizados.

- El equipo móvil, incluyendo maquinaria pesada, deberá operarse de tal manera que cause el mínimo deterioro a los suelos, vegetación y cursos de agua en el sitio de trabajo.
- Las motobombas, y en general los equipos para extracción de agua, que se empleen en las actividades de adecuación inicial deben estar provistas de bandejas que permitan retener las fugas de combustible y lubricante; por ningún motivo se deben descargar aceites o combustibles en forma directa o indirecta a los cuerpos de agua.
- Los aceites y lubricantes usados y los residuos de limpieza y mantenimiento deberán ser retenidos en recipientes herméticos y deberán recibir tratamiento y disposición final adecuada.
- Se deberá prestar especial cuidado al mantenimiento de cercas y broches, los cuales deberán permanecer cerrados en todo momento
- Se deben mantener limpias las cunetas y drenajes naturales y artificiales de aguas lluvias.
- El operario del relleno sanitario debe garantizar que el comportamiento de sus trabajadores sea ejemplar con la comunidad.
- Toda actividad de manejo de combustibles deberá tener medidas preventivas y de control de derrames.
- Durante la etapa de construcción se deberán construir desarenadores provisionales para controlar el arrastre de sedimentos de las zonas de trabajo hacia los cuerpos de agua. Dichos desarenadores deberán recibir un mantenimiento periódico para garantizar su adecuado funcionamiento.