

## **Norma Boliviana 757**

La distancia mínima del sitio con respecto al límite de la mancha urbana será de 1.000 m (mil metros). Sin embargo, ésta puede ser superior en relación a los resultados del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

Las distancias mínimas a las que deberán estar ubicados los sitios con respecto a los aeropuertos, serán:

a) De 3.000 m (tres mil metros) cuando maniobren aviones de motor a turbina.

b) De 1.500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.

Se deberán respetar las franjas de amortiguamiento, derecho de vía de autopistas, caminos principales y secundarios, líneas de transmisión, torres de energía eléctrica, gasoductos, oleoductos, poliductos, acueductos y en general las obras civiles y de comunicación.

No se deberán ubicar sitios dentro de áreas protegidas, reservas naturales y reservas ecológicas.

### **Aspectos hidrológicos**

Deberá localizarse fuera de zonas de inundación históricamente determinadas. En caso de no cumplirse lo anterior, el sitio deberá ubicarse en el inicio de la cuenca así como demostrar que no existirá la obstrucción del flujo en el área de inundación.

El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no deberá ubicarse en zonas de pantanos, marismas, humedales y similares.

La distancia de ubicación del sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales con respecto a cuerpos de aguas superficiales, deberá ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo a partir de la línea de orilla del cuerpo de agua o de la base de los diques, en el caso de las corrientes superficiales a partir del centro del cauce.

### **Aspectos geológicos**

Deberá localizarse fuera de zonas inestables o con taludes inestables.

No deberá ubicarse donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fracturar los suelos.

El sitio deberá evitar zonas donde existan o se puedan generar fenómenos de carsismo, como dolinas u otras formas de tipo cárstico.

### **Aspectos hidrogeológicos**

En caso de que el sitio esté sobre rocas fracturadas, deberá garantizarse, que el tiempo de llegada de cualquier contaminante a un cuerpo de agua superficial o subterránea sea mayor a 150 años.

En caso de que el sitio esté sobre materiales granulares deberá demostrarse que el tiempo de llegada de cualquier contaminante, a cuerpos de agua superficiales o subterráneas sea mayor a 150 años.

La distancia mínima del sitio a los pozos de agua potable, tanto en operación como en abandono, a los manantiales y a cualquier fuente de abastecimiento hídrico deberá ser mayor a 500 m.

El valor permitido mínimo permitido para la interfase E, definida como el espesor del suelo entre el nivel de desplante del suelo y el nivel máximo de subida de aguas freáticas, será de 150 cm.

El valor máximo permitido para la conductividad hidráulica  $k$  del depósito superficial será de 10-6 cm. / seg. Y el terreno con este valor deberá presentar un espesor mínimo de 100 cm.

El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no deberá ubicarse en zonas de recarga del acuífero.

### **Procedimientos**

La selección de un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales requiere de estudios geológicos, hidrogeológicos y otros complementarios, los cuales se describen a continuación:

#### **Estudio geológico regional**

Con este estudio se determinará el marco geológico regional, con el fin de identificar las diferentes unidades litológicas, su geometría, distribución e identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas.

Asimismo se incluirá todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio.

Asimismo se realizarán estudios geofísicos para complementar la información sobre la distribución tridimensional de las unidades litológicas. Aplicándose la técnica geofísica adecuada a las condiciones geológicas del sitio.

#### **Estudios hidrogeológicos**

Estos estudios hidrogeológicos, deberán aportar la siguiente información:

- Evidencias y uso del agua subterránea.
- Identificación del tipo de acuífero.
- Determinación de parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas.
- Análisis del sistema de flujo, de la dirección y de la velocidad del agua subterránea.

#### **Protección del manto acuífero**

Para la protección del manto acuífero, deberá asegurarse que el tiempo de llegada de cualquier contaminante, debería ser mayor a 150 años. Para tal efecto, se aplica la siguiente formulación:

$$T = \frac{E}{K * \emptyset}$$

onde:

T = es el tiempo de arribo del contaminante, en s

E = es la interfase del suelo entre el nivel de desplante del relleno y el nivel freático máximo de agua: freáticas, en cm.

k = es la conductividad hidráulica promedio del material de la interfase, en cm. / seg.

$\emptyset$  = es la porosidad promedio del material de la interfase. adimensional.

### **Norma Boliviana 759**

Las condiciones mínimas que deberá cumplir un sitio de disposición controlada de residuos peligrosos serán las siguientes:

#### **Aspectos Generales**

- No se deberán ubicar sitios para confinamiento controlado de residuos peligrosos dentro de áreas protegidas, reservas naturales, reservas ecológicas protegidas y áreas de interés arqueológico.
- En el caso de que un sitio para confinamiento controlado de residuos peligrosos se encuentre próximo una área ecológica protegida, deberá dejarse una distancia mínima de 1.000 m de la cerca perimetral para amortiguamiento y protección del ambiente.
- Un sitio para confinamiento de residuos peligrosos deberá estar como mínimo a 1.000 m de zonas de cultivo y de zonas con potencial agrícola.
- Estar alejado de autopistas, caminos primarios, redes de comunicación como teléfono y telégrafo, ferrocarriles y líneas de conducción de energía eléctrica a 300 m como mínimo.
- Estar alejado de gasoductos, oleoductos y poliductos, como mínimo 1 .500 m.
- Estar alejado de acueductos y canales, como mínimo 500 m.
- Estar alejado como mínimo 2.500 m, con respecto al núcleo habitado más cercano. Esta distancia puede ser superior en relación a los resultados del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

#### **Aspectos Climatológicos e Hidrológicos**

- El sitio de disposición controlada de residuos peligrosos deberá localizarse fuera de zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años.
- El sitio de disposición controlada de residuos peligrosos no deberá ubicarse en zonas pantanosas, marismas, humedales y similares.
- La distancia de ubicación del sitio para la disposición controlada de residuos peligrosos con respecto a cuerpos de aguas superficiales deberá ser como mínimo de 1.000 m a partir de la línea de orilla del cuerpo de agua o de la base de los diques, y garantizar que no existirá afectación a dichos cuerpos de agua.

#### **Aspectos geológicos**

- Si el sitio se encuentra próximo a una falla, se deberá demostrar con los estudios cuantitativos que el sitio es seguro desde el punto de vista hidrogeológico y de estabilidad para las obras de ingeniería.
- Deberá localizarse fuera de zonas donde los taludes sean inestables, como puede ser el caso de laderas y deslizamientos del terreno por movimientos estáticos y dinámicos.
- El sitio deberá evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a la fractura o falla del terreno y/o estructuras.
- El sitio deberá evitar zonas donde existan o se puedan generar fenómenos de carsismo, como dolinas u otras formas de tipo cárstico.

### **Aspectos hidrogeológicos**

- En el caso de que el sitio este sobre materiales fracturados, deberá demostrarse que el tiempo de llegada de cualquier contaminante, a un cuerpo de agua superficial o subterránea, sea mayor a 300 años
- En caso de que el sitio este sobre materiales granulares, deberá demostrarse que el tiempo de llegada de cualquier contaminante a un cuerpo de agua superficial o subterránea, sea mayor a 300 años.
- La distancia mínima del sitio a pozos para abastecimiento de agua, tanto en operación como abandonados, a los manantiales y a cualquier fuente de abastecimiento hídrico deberá ser mayor a 1 .000 m y además garantizar que no existirá afectación a dichos cuerpos de agua.
- El valor mínimo permitido para la interfase E, definida como el espesor del suelo entre el nivel de desplante del suelo y el nivel máximo de subida de aguas freáticas, será de 200 cm. El valor máximo permitido para la conductividad hidráulica  $k$  del depósito superficial será de  $10^{-7}$  cm. / seg y el terreno con este valor deberá presentar un espesor mínimo de 200 cm.
- El sitio de confinamiento de residuos peligrosos no deberá ubicarse en zonas de recarga del acuífero.

### **Procedimientos**

La selección de un sitio para la disposición controlada de residuos sólidos peligrosos requiere de estudios geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos, climatológicos, riesgo sísmico, así como de afectación de áreas naturales protegidas, obras civiles y centros de población.

### **Estudios de afectación de áreas naturales protegidas, obras civiles y centros de población**

- Identificar y delimitar zonas que por sus características estén catalogadas como áreas ecológicas protegidas.
- Identificar y delimitar obras civiles que puedan ser afectadas
- Realizar estudios para identificar y delimitar los centros de población que pueden ser afectados.

### **Estudios de climatología e hidrología superficial**

- Realizar estudios climatológicos para determinar el potencial de generación de lixiviado, evaluar la velocidad y dirección del viento predominante a objeto de determinar el movimiento y trayectoria de las partículas suspendidas.
- Realizar un estudio de hidrología superficial para identificar y delimitar las corrientes superficiales de agua, zonas de inundación así como establecer los períodos de retorno de las máximas avenidas.

### **Estudios geológicos**

Deberán realizarse estudios geológicos de carácter regional y local, de acuerdo con las siguientes características:

#### **Estudio geológico regional**

Determinar el marco geológico regional con el fin de identificar las diferentes unidades litológicas, su geometría, distribución e identificación de discontinuidades, tales como fallas y fracturas. Asimismo se incluirá todo tipo de información existente que ayude a un mejor conocimiento de las condiciones del sitio.

#### **-Estudio geológico local**

Determinar las unidades litológicas en el sitio, su geometría, distribución y presencia de fallas y fracturas.

Asimismo, incluir estudios geofísicos para completar la información sobre las unidades litológicas. El tipo de método a utilizar y el volumen de trabajo, deberá garantizar el conocimiento tridimensional del comportamiento y distribución de los materiales en el subsuelo, a una profundidad mínima de 300 m y con distribución horizontal adecuada a las características geológicas e hidrogeológicas del área en que se ubica el sitio.

### **Estudios hidrogeológicos**

Los estudios hidrogeológicos deberán considerar los siguientes aspectos:

#### **-Evidencias y uso del agua subterránea**

Establecer la ubicación y distribución de todas las evidencias del agua subterránea tales como manantiales, pozos y norias, a escala regional y local

#### **-Identificación del tipo de acuífero**

Identificar las unidades hidrogeológicas, extensión y geometría, tipo de acuífero (libre, confinado,

semiconfinado) y relación entre las diferentes unidades hidrogeológicas, que definen el sistema acuífero de la zona.

-Parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas y características físico -químicas del agua subterránea.

Determinar los valores de la conductividad hidráulica, carga hidráulica y porosidad efectiva en partículas del sistema de flujo, con las cuales se definirá la dirección y velocidad del agua subterránea.

Se conocerá la composición físico-químico del agua subterránea con el fin de calcular los niveles de fondo de la calidad del agua.

-Análisis del sistema de flujo

Con base en la información geológica y los estudios hidrogeológicos antes descritos, se definirá el sistema de flujo regional del área de estudio.

Estudios de riesgo sísmico

Deberán realizarse estudios de riesgo sísmico para establecer el marco sismotectónico de la zona, identificar el potencial sísmico de las estructuras geológicas regionales y locales, definir la aceleración máxima esperada en el sitio. Estos resultados de este inciso se tomarán en cuenta para el diseño del confinamiento controlado.

Está prohibida la ubicación de sitios de confinamiento para desechos peligrosos en zonas sísmicas, en zonas potencialmente sísmicas, en áreas de fallas geológicamente activas y en áreas volcánicas activas, incluidos los campos con actividad de solfataras.

### **Norma Boliviana 760**

## **DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO**

### **Estudios y análisis previos**

Para realizar el diseño de un relleno sanitario, se deberán contar con los siguientes estudios y análisis

- Estudio topográfico

Poligonal del sitio y configuración del terreno (planimetría y altimetría).

a) Planimetría

-Tolerancia angular =  $1 - \sqrt{N}$

-Tolerancia lineal = 1/5.000

Donde:

N es el número de vértices de la poligonal

- Todos los puntos en sus vértices, deberán estar referenciados a bancos de nivel fijos y de ser posibles oficiales, con objeto de rehacer la poligonal cuantas veces se requiera.
- La poligonal del terreno deberá estar referida a un sistema de coordenadas.
- La poligonal del terreno en cada uno de sus vértices deberá contar con ángulos internos, rumbos y azimut.
- Al plano de altimetría se anexarán las libretas de campo.

b) Altimetría

-Los bancos de nivel deberán estar referidos a bancos oficiales.

-Las curvas de nivel se trazarán de acuerdo a los siguientes requerimientos: en equidistancias de curvas a cada medio metro para sitios planos y ligeramente ondulados y cada metro para ondulados, hondonadas profundas y valles escarpados.

c) Secciones

Se deberán ubicar secciones a partir de la estación 0+000 del camino de acceso, debiendo referenciar a las estaciones establecidas sobre el perfil del camino; las secciones serán siempre perpendiculares al eje del camino de acceso y abarcaran 20 m, a cada lado de dicho eje.

### **Estudio Geotécnico**

Los estudios geotécnicos deberán de cubrir las siguientes actividades:

#### a) Exploración y muestreo

Se deberá definir de manera precisa, la estratigrafía del sitio, para ello se realizará un sondeo por cada cuatro hectáreas, con una profundidad mínima de 10 m por debajo de la cota inferior del relleno sanitario o hasta llegar a un estrato de material consolidado impermeable.

Se tomarán muestras inalteradas en aquellos estratos que se consideren críticos para fines de la estabilidad de las excavaciones.

Al término de cada sondeo, se sellará la perforación, a fin de evitar la contaminación de los acuíferos del sitio.

#### b) Pruebas de permeabilidad

Se determinará la permeabilidad de los estratos del subsuelo, aplicando técnicas de ensayo, en perforaciones vecinas a los sondeos que se refiere el inciso anterior, la profundidad de cada prueba se definirá con el perfil de sondeos.

Terminadas las pruebas de permeabilidad en cada perforación, se deberá sellar, a fin de evitar la contaminación futura de los acuíferos del sitio.

#### c) Localización de bancos de préstamo

Con base en el estudio geológico regional, se ubicarán bancos potenciales de préstamo para la construcción del revestimiento del fondo, taludes y las cubiertas intermedias y final del relleno sanitario.

Se realizaran pozos a cielo abierto de 3 m a 5 m de profundidad y se obtendrán muestras alteradas de la pared, para efectuar los ensayos de laboratorio que se mencionan en el siguiente punto.

#### d) Ensayos de laboratorio

Estas pruebas se realizaran con las muestras obtenidas según se indica en los incisos a) y c), para definir las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

##### -Propiedades físicas

Para conocer las propiedades físicas de los suelos, se realizaran las siguientes determinaciones: clasificación de suelos, contenido natural de agua, granulometría por mallas,

contenido de finos, límites de Atterberg, densidad de sólidos, contracción lineal, permeabilidad, peso volumétrico natural, peso volumétrico seco máximo y humedad óptima.

Además, con las muestras recuperadas en los bancos de préstamo, se determinará su permeabilidad en probetas reconstituidas a diferentes grados de compresión.

#### -Propiedades mecánicas

Para determinar las propiedades mecánicas de los suelos, es necesario realizar las siguientes pruebas: compresión simple, triaxial rápida, triaxial consolidada rápida y consolidación unidimensional.

#### -Estudios para definir las características de los Residuos Sólidos Municipales

Se deberá presentar la información referente a las cantidades y características de los residuos sólidos y proyectarlas para un período igual al de la vida útil del sitio. Esa información deberá derivar de una investigación realizada en el año corriente o no más de dos años antes, según un procedimiento compatible a la descrita en la Norma NB 743. En caso de que estos datos no se encuentren disponibles se deberán determinar de acuerdo a la mencionada Norma.

#### -Estudios climatológicos

Se deberá recabar información confiable de los siguientes factores climatológicos: temperatura, precipitación y vientos registrados en estaciones climatológicas cercanas al sitio, preferentemente con período de 25 años como mínimo.

##### a) Temperatura

Se obtendrá y analizará la información correspondiente a la temperatura media mensual, preferentemente durante un período de observación de al menos 25 años.

##### b) Precipitación

Se determinará la precipitación mensual media, la precipitación promedio diaria, correspondiente al mes más lluvioso registrado en todo el período de observación y la intensidad de lluvia máxima horaria promedio, a partir de registros que abarquen un período de 25 años como mínimo.

##### c) Vientos

Con base en los registros obtenidos de la estación climatológica, se determinará la dirección promedio de los vientos reinantes, la dirección promedio de los vientos dominantes, así como su posible variación en las diferentes épocas del año.

#### -Generación de lixiviados

Se deberá aplicar un modelo matemático, para conocer de manera confiable la cantidad de lixiviados a generarse en el relleno sanitario.

Para determinar la generación de lixiviados, se deberán tomar en cuenta los factores climatológicos, así como las características de los residuos sólidos municipales por depositar y las características del material de cobertura.



De acuerdo a las características del sitio, para el cálculo de la generación de lixiviados a producirse en el relleno sanitario, podrá emplearse el modelo HELP (The Hydraulic Evaluation and Landfill Performance), el método del balance de agua de C. W. THORNTHWAITE, o algún otro método debidamente fundamentado.

#### -Cálculo de la interfase

Se realizará la determinación de la interfase del suelo necesaria entre la base del relleno sanitario y el nivel freático, que garantice que las aguas subterráneas no serán contaminadas por las cargas catiónicas presentes en los lixiviados.

La fórmula siguiente determina el espesor de suelo necesario para remover un metro cúbico de lixiviado:

$$I = \frac{i}{CIC * PV}$$

donde:

- I es la interfase de suelo requerida para atenuar la contaminación por carga catiónica, en m.
- c es la concentración catiónica del lixiviado (análisis de laboratorio)
- CIC es la capacidad de intercambio catiónico del suelo en Meq /100 g (análisis de laboratorio)
- i es la infiltración en m<sup>3</sup> al año (análisis de generación de lixiviados)
- PV es el peso volumétrico del suelo Kg. / m<sup>3</sup> (estudio geotécnico)

#### Diseño Específico del Relleno Sanitario

##### -Selección del método de operación

La selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario, se deberá realizar con base en las condiciones topográficas, geotécnicas y geohidrológicas del terreno elegido, seleccionándolo de entre los siguientes: trinchera, área y combinado.

##### -Requerimientos volumétricos del sitio

Los requerimientos volumétricos para el diseño del Relleno Sanitario, deberán obtenerse para los años estimados, mediante los volúmenes totales anuales y acumulados, tanto de los residuos sólidos municipales como del material de cubierta; empleando para ello la proyección de generación de residuos y los pesos volumétricos de los residuos confinados.

##### -Cálculo de la capacidad volumétrica del sitio

El cálculo de la capacidad volumétrica del sitio, deberá realizarse considerando la configuración topográfica que presente el predio donde se alojará el relleno sanitario, así como sus niveles de desplante, se deberá reportar por cada curva de nivel la capacidad volumétrica parcial y acumulada.

## -Dimensiones de la celda diaria

### a) Altura de la celda

La altura máxima de la celda diaria, deberá ser de 5,00 m incluyendo el espesor de los residuos a disponer y el material de cubierta requerido.

### b) Ancho de la celda

El ancho de la celda diaria (frente de trabajo), deberá estar determinado por la longitud necesaria para el funcionamiento adecuado y ejecución de maniobras del equipo tanto de compactación como de recolección y transferencia.

En función del ancho y la altura de la celda diaria, se determinara su «profundidad» o «fondo».

### c) Material de cubierta

La celda diaria de basura compactada, se deberá cubrir con tierra, la cual se compactará al final de cada día de operación. Este recubrimiento deberá poseer un espesor suficiente para tapar totalmente los residuos y corregir las irregularidades de la basura compactada, de manera que las superficies terminadas queden limpias y las pendientes entre 1 % y 2% necesarias para prevenir la erosión y permitir un drenaje controlado de los escurrimientos pluviales superficiales. La cubierta diaria tendrá un espesor mínimo de 0.15 m elevándose a 0,30 cuando quede expuesto a los agentes erosivos por tiempos prolongados.

## -Cálculo de la vida útil del sitio

El cálculo de la vida útil del sitio se obtendrá determinando el año para el cual los resultados encontrados para los requerimientos volumétricos acumulados del relleno sanitario, sean aproximadamente iguales a la capacidad volumétrica del sitio.

## -Calendarización

Se elaborará un programa de llenado de celdas diarias, por capas o por etapas del relleno sanitario, donde se indique la fecha en que se ocupan, así como sus niveles de desplante y de piso terminado.

## -Sistema de impermeabilización

a) El sistema de impermeabilización será utilizado para aquellos rellenos sanitarios donde el cálculo de la interfase, indique que el subsuelo no es capaz de absorber o atenuar la carga contaminante de los lixiviados cuando no se cumpla lo establecido por la NB 757, siempre y cuando la autoridad ambiental así lo determine.

b) El sistema de impermeabilización, deberá diseñarse para toda la base y paredes del relleno sanitario y podrá ser de origen tanto natural como sintético, o bien alguna combinación de estos. Se deberá demostrar que los materiales que integren dicho sistema, no se deteriorarán ni perderán sus propiedades, así como ser resistentes a los esfuerzos físicos que resulten del peso de los materiales y residuos que serán colocados sobre este sistema de impermeabilización, estas propiedades deberán ser garantizadas por el fabricante para un período de 20 -25 años a partir del cierre del relleno sanitario.

c) En el caso de impermeabilización sintética, las capas del fondo tienen que estar colocadas con cuidado sobre una base que esté en condición de impedir su desgarramiento y proveer un soporte uniforme; además, tienen que estar recubiertas con un material idóneo para protegerlas contra los daños mecánicos.

### **Diseño de las Obras de Control**

-Sistema de captación, extracción y monitoreo de lixiviados

a) Deberá instalarse un sistema de captación de lixiviados inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización.

b) El monitoreo de los lixiviados se podrá realizar aprovechando las instalaciones de captación y extracción de los mismos, tomando muestras en el cárcamo de almacenamiento o al ser extraídos del relleno sanitario, o bien construyendo e instrumentando pozos especiales para el monitoreo de lixiviados.

-Sistema de extracción de biogas

Se deberán instalar estructuras verticales de por lo menos 60 cm. de lado o diámetro, a manera de chimenea, esta estructura se desplantará desde el fondo del relleno y en la parte superior se cubrirá con una placa de hormigón dejando un tubo de venteo u otro sistema dependiendo de la cantidad generada de gas y del manejo que se quiera dar.

-Sistema de monitoreo del acuífero

a) Los sistemas de monitoreo del acuífero deberán contar con por lo menos dos pozos de muestreo que se sitúen uno en la dirección del flujo de las aguas subterráneas a 100 m aguas arriba del relleno sanitario y otro a 100 m aguas abajo. Se instalarán siempre y cuando el nivel de agua freática este a menos de 25 m con respecto al nivel del terreno natural.

b) Los pozos de monitoreo del relleno sanitario deberán llegar hasta dos metros por debajo del acuífero, a fin de garantizar el monitoreo del acuífero en toda su sección.

-Sistema de monitoreo de biogas

a) Los sistemas de monitoreo para identificar la migración de biogas estarán integrados por pozos distribuidos a lo largo del perímetro del relleno sanitario, ubicados preferentemente en aquellas zonas con mayor permeabilidad, o bien, en sitios donde el terreno presente irregularidades como grietas, fallas o fracturas.

b) Estos se construirán con una separación máxima de 50 m entre pozo y pozo y a una distancia mínima de 5 m del límite de los residuos sólidos. La profundidad máxima será igual al espesor de residuos sólidos más un metro.

### **Diseño de sus obras complementarias**

El relleno sanitario deberá contar con una serie de obras complementarias mínimas como a continuación se indica:

Cerca perimetral

Caseta de vigilancia

Caseta de pesaje y básculas Caminos

Área de emergencia

Drenajes perimetrales e interiores

Instalaciones de energía eléctrica (fijas o móviles)

Señalamientos fijos y móviles

Área de amortiguamiento

Almacén y cobertizo

Servicios sanitarios

Otros servicios

Áreas y acceso de espera

Pozos de monitoreo

Taller de mantenimiento

Área administrativa y servicios de primeros auxilios.

-Drenaje pluvial

**Las obras de drenaje serán de tipo permanente y temporal**

a) Las obras de drenaje permanentes se construirán en los límites del relleno que tienen como objeto la captación del escurrimiento de aguas arriba, los canales deberán revestirse con material apropiado. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0,60 m/seg. ni mayor de 2,00 m/seg.

b) Las obras de drenaje temporal deberán construirse mediante canales con taludes de 3: 1, rellenos de grava de 5 cm. de tamaño máximo para evitar socavaciones.

c) Para los drenajes permanentes y temporales, el dimensionamiento de canales, se deberá efectuar mediante la fórmula de Manning, obteniendo el gasto de diseño, empleando el método adecuado a las condiciones del lugar.

-Cerca perimetral

El relleno sanitario deberá estar cercado, como mínimo con alambre de púas de cinco hilos de 1.50 m de alto, partir del nivel del suelo con postes de madera, hormigón o tubos galvanizados esquema 40, debidamente empotrados y colocados a cada 3 m entre si, con malla ciclónica de 2,20 m de alto, combinando esta en los accesos y el resto del perímetro con alambre de púas.

-Caseta de vigilancia

Las dimensiones de la caseta de vigilancia tendrán como mínimo 4 m<sup>2</sup> y deberá instalarse a la entrada del relleno sanitario, pudiendo ser construida con materiales propios de cada región.

-Caseta de pesaje y báscula

a) Las dimensiones de la caseta de pesaje tendrán como mínimo 10m<sup>2</sup>. para alojar el dispositivo indicador de la báscula y el mobiliario necesario para el registro y archivo de datos.

b) La báscula deberá ubicarse cerca de la entrada del relleno sanitario y contar con:

- Superficie de dimensiones suficientes para dar servicios a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga.
- Capacidad acorde a la unidad recolectora o de transferencia de mayor volumen de carga.

-Caminos

a) Los caminos exteriores deben cumplir como mínimo con las especificaciones siguientes:

- Ser de trazo permanente
- Garantizar el tránsito por ellos en cualquier época del año, a todo tipo de vehículos que acudan al relleno sanitario

b) Cuando por volumen de tránsito y de la capacidad de carga de los vehículos, se haga necesaria la colocación de la carpeta asfáltica, esta superficie deberá contar con los siguientes elementos:

Una sub-base, una base y una carpeta de rodadura, las cuales se calcularán en función del valor relativo de soporte del suelo, de la carga de diseño y del volumen de tránsito

c) Los caminos interiores deben cumplir las especificaciones siguientes:

- Deberán permitir la doble circulación de los vehículos recolectores o de transferencia hasta el frente de trabajo del relleno sanitario.
- Deberán ser de tipo temporal y que no presenten pendientes mayores del 5 %.
- Deberán tener los radios de giro adecuados.
- Instalaciones de Energía Eléctrica

Las instalaciones de energía eléctrica, deberán satisfacer las necesidades de iluminación en señalamientos exteriores e interiores, requerimientos en oficinas e instalación de alumbrado en los frentes de trabajo.

Podrán ser fijos o temporales.

-Señalamientos

Los señalamientos se dividirán en tres géneros: informativos, preventivos y restrictivos, pudiendo ser de tipo móvil o fijo.

- Área de amortiguamiento

a) El área de amortiguamiento deberá diseñarse y construirse en un espacio perimetral que fluctúe entre 30 m y 50 m.

b) Esta franja deberá estar forestada con especies vegetales de talla y follaje suficiente para que reduzca la salida de polvos, ruidos y materiales ligeros durante la operación.

c) En sentido contrario a la dirección del viento, respecto a la zona del relleno deberán ser dispuestas pantallas móviles de altura no inferior a los 2,5 m, siempre y cuando no existen obstáculos naturales en el interior del relleno idóneos para impedir la dispersión del papel u otros materiales ligeros al exterior de la zona de disposición final.

#### -Almacén, cobertizo y mantenimiento

Se deberá construir un cobertizo para guardar equipo, herramientas y materiales que sean de uso para el relleno, el tamaño dependerá del equipo que se disponga, camionetas, trascabos y deberá tener en el frente un patio de maniobras lo suficientemente grande para poder recibir vehículos que vengan a descargar materia- les al almacén. Deberá contar junto al cobertizo, un área para el mantenimiento y limpieza de los equipos

#### -Servicios sanitarios

Los servicios sanitarios se instalaran conforme a los requisitos que establezcan las disposiciones aplicables.

#### -Área de emergencia

a) El área de emergencia será destinada para la recepción de los residuos municipales, cuando por situaciones climatológicas no permita la operación en el frente de trabajo. Además se deberá contar con lonas plásticas, residuos provenientes de demolición, o del barrido de calles para cubrir los residuos.

b) Su capacidad deberá ser suficiente para una operación ininterrumpida de 3 meses.

c) El terreno del área de emergencia deberá estar impermeabilizado y en su protección se deberán realizar por lo menos obras de drenaje pluvial temporal.

#### Cierre y uso final del sitio

Se diseñará el cierre del relleno sanitario para cuando finalice su vida útil, tomando en cuenta su conformación final, estabilidad de taludes, mantenimiento, monitoreo y control de contaminantes, así como su uso final.

#### -Conformación final

La forma final que se dará a los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario, contemplará las restricciones relacionadas con el uso final que se dará al sitio, estabilidad de taludes, límites del predio, características de la cubierta final y drenajes superficiales.

#### -Estabilidad de taludes

La configuración de los taludes definitivos del relleno, deberá definirse de acuerdo a los lineamientos, que marque un análisis de estabilidad de taludes, realizado previamente.

#### -Mantenimiento

Se deberá elaborar un programa de mantenimiento de post-clausura para todas las instalaciones del relleno sanitario.

También se debe elaborar un programa de mantenimiento de la cubierta final, para reparar hundimientos provocados por la degradación de los residuos, así como los daños por erosión de escurrimientos pluviales y eólica.

-Monitoreo y control de contaminantes

a) Se deberá elaborar un programa de monitoreo y control de biogás y lixiviados.

b) El programa de monitoreo y control, se extenderá hasta un período en el cual se garantice, que los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario se hayan estabilizado. También se asegurará que todos los contaminantes generados en este tiempo serán controlados.

-Uso final del sitio

El diseño de cierre del relleno sanitario, deberá incluir el aprovechamiento que se le dará al sitio, una vez concluida su vida útil, el cual estará acorde con el uso de suelo permitido, prohibiéndose el instalar edificaciones en general.

## **CRITERIO CONSTRUCTIVO**

### **Construcción de la celda**

Con base en el método de área las celdas se construirán inicialmente en un extremo del sitio y se avanza hasta terminar con el otro extremo, cuando existan ondulaciones y depresiones en el terreno deberán ser utilizadas como respaldo conforme a las primeras celdas de una determinada capa constructiva.

a) Se prepara el terreno para trabajarlo a base de terrazas y al mismo tiempo extraer material para cubierta.

b) Los cortes al terreno se harán, siguiendo la topografía de sitio para formar terrazas y aprovechar al máximo el terreno.

c) El talud de la celda diaria no deberá ser menor a la relación 2:1 ni mayor 03,5:1

d) Cada celda del relleno será contigua con la del día anterior y así sucesivamente hasta formar una hilera de celdas que se denominarán franjas. Estas celdas se construirán de acuerdo con la topografía del sitio.

e) Las franjas al irse juntando forman capas, estas se construirán considerando la altura del sitio disponible para el relleno y ubicarse en el plano constructivo, se calendarizarán y se numerarán de abajo hacia arriba, usando tres subíndices, uno indicando capa, el segundo indicará la franja y una tercera para la celda diaria.

f) Las cubiertas intermedias que sirven de separación de las celdas diarias serán de 30 cm., el espesor de la cubierta final debe ser de 60 cm. como mínimo en ambos casos, los espesores se consideran compactados.

g) La compactación de los residuos dependerá de su composición, del grado de humedad y del equipo utilizado para obtener entre un 50 % a 70 % de reducción de su volumen.

h) Las cubiertas tendrán una pendiente del 2 % para el drenado adecuado que impidan el paso del agua para evitar la erosión se deberán revegetar con especies propias de la región.

### **Conformación de trincheras**

-la profundidad mínima de la trinchera será de 2,00 m

-la trinchera deberá contar con una pendiente del 2% que permita el drenado de la excavación a lo largo de toda su longitud.

-El ancho de la trinchera se calculará de acuerdo a lo establecido en el punto correspondiente de esta norma.

-El aprovechamiento constructivo será el mismo a partir del inciso «c» de los establecidos para la construcción de las celdas.

### **Construcción del sistema de impermeabilización.**

-El sistema de impermeabilización se colocará en aquellos rellenos sanitarios donde el proyecto así lo requiera, de acuerdo con la norma boliviana correspondiente.

-la instalación del sistema se realizará de acuerdo al tipo de material marcado en el diseño, el cual podrá ser de origen natural, artificial o una combinación de ambos.

En cualquier caso, el proceso de instalación se realizará siguiendo las especificaciones señaladas en el proyecto y las recomendaciones del fabricante, de manera que se garantice, que no existirá migración de contaminantes hacia fuera del relleno sanitario.

### **Construcción de los sistemas de control y monitoreo de contaminantes**

Los procesos constructivos para los sistemas de drenaje, captación, extracción y monitoreo de lixiviados, extracción de biogas, monitoreo de biogas y monitoreo al acuífero, se deben llevar a cabo de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto de relleno sanitario.

Criterio constructivo de las obras complementarias

Las obras complementarias se construirán de acuerdo a los procedimientos y especificaciones de diseño y construcción señaladas en el Proyecto, el cual debe cumplir los lineamientos señalados en los reglamentos aplicables al tipo de obra.

## **OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO**

La operación de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales deberá contar con un manual de operación que comprenda las siguientes disposiciones.

### **Preparación del sitio**

-Considerando el programa general de avance en el relleno, se realizará el desmonte por etapas para eliminar la vegetación existente.

-La superficie del sitio para el relleno sanitario deberá reunir las características necesarias para albergar los sistemas de impermeabilización, control de lixiviados y biogas.

-En la operación de cortes y taludes para acondicionar el área de desplante del relleno sanitario, se deberá sujetar a un esquema de trabajo especificado.



## **Pesaje y registro de ingresos**

-Los vehículos recolectores, municipales y particulares que lleguen al sitio, deberán ser controlados a través de un libro de registros, que contemple su registro, pesaje y su procedencia anotándose en una tabla como la siguiente:

Placa vehículo

Hora de ingreso

Procedencia

Peso total

Peso de vehículo

Peso residuos sólidos

Hora de salida

Franja No.

-El control diario se llevará manualmente por parte del controlador de pesaje e ingreso, o bien a través de la adquisición de un sistema computarizado instalado en la báscula, el cual genera una base de datos e informes diarios, semanales y anuales de los ingresos al sitio.

Operación en caso de emergencia

Dentro del sitio seleccionado para el relleno sanitario, se deberá elegir un área que presente las mejores condiciones para operar en caso de emergencia sin alterar el funcionamiento establecido.

## **Operación de la celda diaria**

El procedimiento de operación de la celda diaria deberá observar lo siguiente:

-Los vehículos recolectores, que lleguen a descargar sus residuos, se acomodarán de acuerdo a su arribo, dentro de los límites del frente de trabajo.

-Los residuos se descargarán en el suelo o sobre la capa terminada de la celda al pie del talud frontal. En los casos de que al relleno sanitario, ingresen vehículos de transferencia, se deberá contar con una plataforma de descarga, construida de acuerdo a las necesidades del caso.

-El equipo mecánico utilizado deberá empujar los residuos de abajo hacia arriba contra el talud, desplazándose sobre ellos para compactarlos hasta alcanzar la altura de la celda proyectada.

-Al finalizar la jornada, los residuos compactados y nivelados deberán ser cubiertos progresivamente con material seleccionado, en todas las caras expuestas, talud frontal y flancos.

-En casos en que exista dificultad para compactar los residuos por falta de humedad, estos serán regados con agua antes de iniciar el proceso de compactación.

-El material de cubierta se depositará en la parte alta de la celda.

-El material de cubierta será esparcido y compactado hasta lograr el espesor requerido mediante capas sucesivas. Asimismo deberá reunir las condiciones de humedad necesarias para su compactación.

-El material de cubierta final se verterá sobre los taludes uniformizando el grueso de la cubierta de acuerdo con la etapa en la que se este trabajando, así como para cubiertas intermedias con un espesor determinado de tierra.

-La cubierta final se hará con una pendiente mínima de 2 %, para permitir el drenado fuera del área del relleno sanitario.

### **Programa de mantenimiento**

-Se deberá establecer un programa de mantenimiento a fin de conservar el relleno sanitario en condiciones óptimas de funcionamiento.

-De acuerdo con el tipo y número de instalaciones con que se haya dotado el sitio de disposición final, se deberá establecer un programa de mantenimiento y conservación de las mismas, incluyendo la maquinaria pesada y el equipo requerido.

#### Reparación de cubiertas

Los agrietamientos y asentamientos en la cobertura diaria y final del relleno sanitario deberán ser reparados y nivelados con medidas adecuadas.

### **Seguridad e higiene**

Todo el personal que labore en el relleno sanitario, deberá observar el reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo.

### **Maquinaria a emplear**

Para operar el relleno sanitario se deberá contar con el equipo adecuado, considerando la cantidad de residuos a disponer y material de cubierta a manejar.

### **Operación de rellenos en localidades menores a 100.000 habitantes**

En localidades menores a 100 000 habitantes, se podrá operar los rellenos sanitarios con tractores agrícolas modificados, observándose lo siguiente:

-En la operación del relleno sanitario, el tractor agrícola requiere de una distancia mínima, para que se impulse y pueda empujar con el cucharón, los residuos contra el talud del terreno natural o de la celda anterior.

-Las celdas construidas con el tractor agrícola, deben tener una altura máxima de 1,80 m y un frente de trabajo de 20 m, como máximo.

-La excavación de la zanja o trinchera, se debe realizar con equipo mecánico pesado de apoyo, como; cargador sobre carriles o trascabo, empujador sobre carriles o bulldozer frontal. La profundidad máxima estará en función de las necesidades del trabajo.

### **Operación de rellenos en localidades menores a 50.000 habitantes**

En localidades menores a 50 000 habitantes, se podrá operar los rellenos sanitarios en forma manual, observándose lo siguiente:

-En el método de zanja, se abrirá una trinchera de 2 m de ancho, con una profundidad de acuerdo al tipo de terreno existente y el largo de la celda, estará en función de la cantidad de residuos depositados diariamente y de la existencia de mano de obra.

-El material de la excavación, se depositará a lo largo de uno de los bordes, dejando el otro borde accesible a los vehículos para que descarguen los residuos.

-En el método de área así como el de zanja se debe remover y acomodar de arriba hacia abajo los residuos descargados, con la ayuda de rastrillos y palas.

-Los residuos se deben descargar en la parte más alta del terreno de la celda o en el borde de la zanja, según sea el método de construcción de la celda.

-Al término de las operaciones de descarga yacmodo, se deben cubrir los residuos depositados durante el día, con tierra producto de la excavación o material de cubierta trasladado de otro sitio; el cubrimiento de los residuos se realizara con palas, rastrillos y el auxilio de carretillas de mano.

-El cubrimiento se debe hacer en capas horizontales de 0,20 m apisonadas.

### **MONITOREO AMBIENTAL EN RELLENOS SANITARIOS**

Para asegurar la adecuada operación de un sitio de disposición final, en las poblaciones que operen rellenos sanitarios independientes del tamaño de su población, se deberá instrumentar un programa de monitoreo ambiental, que incluya la medición y control de los impactos generados en el sitio de disposición final.

#### **Monitoreo de biogas**

Se debe elaborar un programa de monitoreo de biogas que especifique los parámetros a determinar así como la frecuencia de muestreo, de acuerdo al siguiente cuadro:

<b>PARAMETRO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
COMPOSICIÓN DE BIOGAS: CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	BIMESTRAL
EXPLOSIVIDAD y TOXICIDAD	MENSUAL
PH	MENSUAL

#### **Monitoreo de lixiviados y del acuífero**

El programa de monitoreo del acuífero y lixiviados, tiene como objetivo, conocer en forma precisa las condiciones del acuífero, aguas abajo yaguas arriba del sitio de disposición final. Con esto se asegura que el acuífero no ha sido contaminado por lixiviados generados por los residuos sólidos.

Los parámetros a determinar tanto en el acuífero como en los lixiviados, así como la frecuencia de muestreo, se indican en el siguiente cuadro:

<b>PARAMETRO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
pH	SEMESTRAL
CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA	SEMESTRAL
OXIGENO DISUELTO	SEMESTRAL
METALES PESADOS	SEMESTRAL
DQO, DBO	SEMESTRAL
SUSTANCIA ORGANICA	SEMESTRAL
AMONIACO	SEMESTRAL
NITRITOS	SEMESTRAL
NITRATOS	SEMESTRAL

### **Monitoreo de Partículas Aerotransportables**

El programa de monitoreo de las partículas aerotransportables debe tomar en cuenta las especificaciones marcadas en el siguiente cuadro:

<b>PARAMETRO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES	MENSUAL
PARTICULAS VIABLES	MENSUAL

### **Análisis del monitoreo**

La información obtenida a partir del monitoreo de los impactantes ambientales generados en el relleno sanitario, se almacenará en un banco de datos de donde se podrán analizar y tomar las medidas adecuadas para su control.

### **VIGILANCIA**

Las Secretarías Sectoriales a través del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, son las autoridades competentes para vigilar el cumplimiento de la presente Norma.

### **SANCIONES**

El incumplimiento de la presente norma técnica, será sancionado conforme a lo dispuesto en la Ley No. 1333 de Medio Ambiente, su Reglamentación y demás disposiciones legales aplicables.