

K.5.3 Evaluación de Impacto Ambiental del Sistema de Disposición Final

a. Descripción del Proyecto Propuesto

Esta sección describe el proyecto propuesto, el Sistema de Disposición Final.

a.1 Antecedentes

El proyecto para el Sistema de Disposición Final es una de las partes del Plan Maestro (P/M). La necesidad de asegurar suficiente capacidad para la disposición final de desechos hasta el año 2015 fue definida como uno de los objetivos del Plan Maestro. La actual capacidad del relleno se ha estimado en 1.8 millones de metros cúbicos que equivalen a aproximadamente 3 o 4 años. Como consecuencia, este Estudio realizó un diseño preliminar del nuevo relleno en el sitio actual de disposición final.

a.2 Objetivos del Proyecto

El objetivo principal del proyecto es **establecer un sistema apropiado de disposición final** donde la capacidad final de disposición sea asegurada hasta el año 2015 y la calidad de operación cumpla con las normas establecidas en el país. Esta es una de las directrices del Plan Maestro, es decir, el lograr establecer un Manejo de los Desechos Sólidos sustentable para el año 2015 en el Municipio de Panamá.

a.3 Justificación del Proyecto

a.3.1 Justificación Legal

La Ley No. 41 del 27 de Agosto, le transfiere la administración, operación y explotación de los servicios proveídos por la anteriormente llamada Dirección Metropolitana de Aseo (Oficina metropolitana de limpieza o DIMA) a los municipios de San Miguelito y Colón. Al entrar en efecto esta ley, se creó la Dirección Municipal de Aseo Urbano y Domiciliar (DIMAUD) para los municipios de Panamá, San Miguelito y Colón.

Para los propósitos de cumplir con la ley, se estipula en la misma que los municipios antes mencionados tienen poderes, responsabilidades y funciones para dirigir, planificar, investigar, operar, y explotar los servicios de limpieza urbanos y domésticos. En lo que se refiere al relleno de Cerro Patacón, se estipula también que el Municipio de Panamá tiene una responsabilidad administrativa del relleno de Cerro Patacón y el Alcalde quien administra el relleno sanitario puede sub-contratar su operación a una tercera parte.

En consecuencia, el Municipio de Panamá tiene la responsabilidad de operar apropiadamente el relleno de Cerro Patacón y asegurar la disposición final para los desechos generados por el mismo municipio. El proyecto apunta a lograr ambos aspectos.

a.3.2 Justificación Social

La necesidad de tener un lugar apropiado para disponer de los desechos sólidos es un problema para todas las ciudades del Mundo, en especial cuando un municipio ha alcanzado cierto tamaño. En la medida que las poblaciones en pueblos y ciudades aumentan, la cantidad de desechos sólidos generados también aumenta y el impacto que causa la disposición de esa cantidad considerable de desechos, se torna bastante serio. Esos impactos considerables deterioran el medio ambiente natural, las condiciones de vida y las actividades socio-económicas.

De acuerdo a las estimaciones actuales, la cantidad diaria de disposición de desechos en el relleno de Cerro Patacón es de 1,200 toneladas por día. El proyecto propondrá una solución para proveer de una instalación adecuada para disponer los desechos sólidos que se recolectarán hasta el año 2015.

a.4 Ubicación y Propiedad del Terreno

Las 130 ha del Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón se ubican en el corregimiento de Ancón en el Distrito de Panamá,, a aproximadamente 5 km. de la Vía Ricardo J. Alfaro, dentro del polígono que está definido por las coordenadas UTM N1002030, E657540; N1002000, E657900; N1000000, E656900, y N1000000 E658100. El área se encuentra dentro de los límites de las áreas revertidas a la República de Panamá durante la implementación de los tratados del Canal en 1977, y también se encuentra adyacente al Parque Nacional de Las Cruces.

La totalidad del sitio del proyecto pertenece a la Autoridad de la Región Interoceánica, aunque el Municipio de Panamá tiene el derecho de operar el sitio de disposición final de desechos de Cerro Patacón.

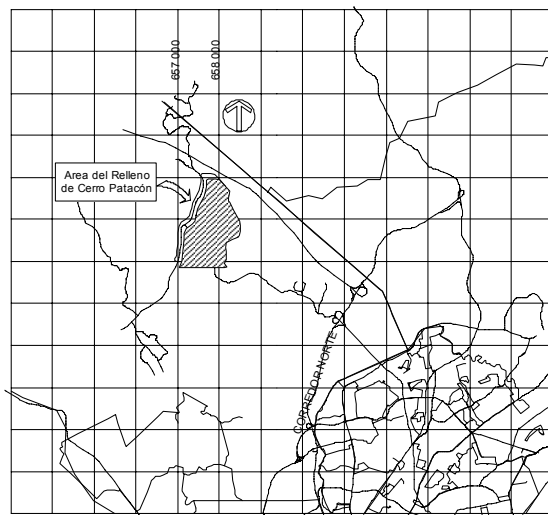


Figura K-40: Mapa de Ubicación del Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón

a.5 Descripción del Trabajo

a.5.1 Generalidades del Proyecto

El nuevo relleno tendrá una capacidad de 6.4 millones de metros cúbicos. Será desarrollado en 4 fases. El Cuadro K-70 describe las generalidades del proyecto.

Cuadro K-70: Generalidades del Proyecto del Sistema de Disposición Final

Aspectos	Instalaciones				
	Globales	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Lugar de Construcción	Area de Cerro Patacón				
Período de Construcción	-	Del 2005 a inicios del 2006	Del 2007 a inicios del 2008	Del 2009 a inicios del 2010	2011
Período de Operación	Del 2006 hasta el 2015	Inicios del 2006 hasta inicios del 2008	Inicios del 2008 hasta inicios del 2010	Inicios del 2010 hasta finales del 2011	Del 2012 al 2015
Area	Area del sitio :28 ha Area del relleno : 20.4 ha	6.9 ha	6.5 ha	6.3 ha	20.4 ha
Desecho del Relleno	Desecho Municipal				
Capacidad del Relleno	6,400,000 m ³	1,300,000m ³	1,200,000m ³	1,100,000m ³	2,800,000m ³
Acceso	Camino existente y camino interno Longitud del camino interno: 2,570 m	Longitud del camino interno: 1,300 m	Longitud del camino interno: 800m	Longitud del camino interno: 470m	-
Instalaciones para el control de los desechos	Portón : 2 (existentes), Báscula : 2 (existentes), Lava Carros : 1 (existente), Oficina :1, Taller :1				
Manejo de los lixiviados	Trabajo para el control de la percolación: instalación de una capa impermeabilizante de PEAD sintético de 1.5 mm con un geotextil de 10 mm (sobre y bajo la capa impermeabilizante sintética), instalación de una capa de suelo para proteger la capa impermeabilizante sintética.				
	Sistema de Recolección y Tratamiento				
	Tubería de recolección: 6,690m(dia. 200 to 900mm)	2,070 m	2,020m	1,830m	770m
	Sistema de Tratamiento Laguna de regulación: 24,000 m ³ , capacidad de tratamiento: 800 m ³ /día (Foso de oxidación con sedimentación química, filtro de arena y absorción con carbones activados Calidad del agua fluye hacia el sistema : DBO 10,000 mg/l, DQO 18,000 mg/l, Org-N 200 mg/l, NH ₃ -N 200 mg/l, P 30mg/l Calidad del agua tratada ; DBO 35 mg/l, DQO 100 mg/l, Org-N 10 mg/l, NH ₃ -N 3 mg/l, P 5mg/l (cumple con el límite de descarga de la ANAM)				
Manejo de los gases del Relleno	Tubería para la ventilación de gases (PVC 200 mm) : 92 unidades	23 unidades	22 unidades	21 unidades	26 unidades
Manejo de las aguas de pluviales	Foso impermeabilizado trapezoidal (ancho 800 a 1,700 mm): 2,300 m longitud total y cobertura diaria de suelo	1,190 m	700 m	410 m	-
Operación del relleno	Método de celda con compactación; cobertura diaria de espesor de 15 cm; cobertura final de suelo de 60 cm				
Diseño estético	Cobertura diaria de suelo				
Clausura y post-clausura	Cobertura final de 60 cm; cubierta vegetal por medio de una cobertura final de césped.				

a.5.2 Sitio del Proyecto

El sitio del proyecto es parte del Sitio existente de Disposición Final de Cerro Patacón donde ya se han desarrollado dos áreas como lo son los rellenos denominados Etapa 1 y Etapa 2. En consecuencia, el nuevo relleno pasará a denominarse Etapa 3. El sitio del proyecto incluye una parte dentro del Sitio de Disposición Final y unas 9 ha adicionales que colindan con los límites actuales de Cerro Patacón.

En la actualidad, el suelo de cobertura para los desechos es extraído de otro sector dentro del proyecto. El resto del sitio se encuentra cubierto con césped y árboles diseminados en el área.

Existe una pequeña loma hacia el norte y un valle no muy profundo hacia el sur del área del proyecto. Alrededor del área del proyecto, existe una loma hacia el Norte, el relleno existente (Etapa 1) al sur, un río al Este y otro relleno existente (Etapa 2) al Este. El perfil del proyecto se presenta a continuación.

- Altura máxima: 106 msnm
- Altura mínima: 143 msnm
- Área: alrededor de 28 ha

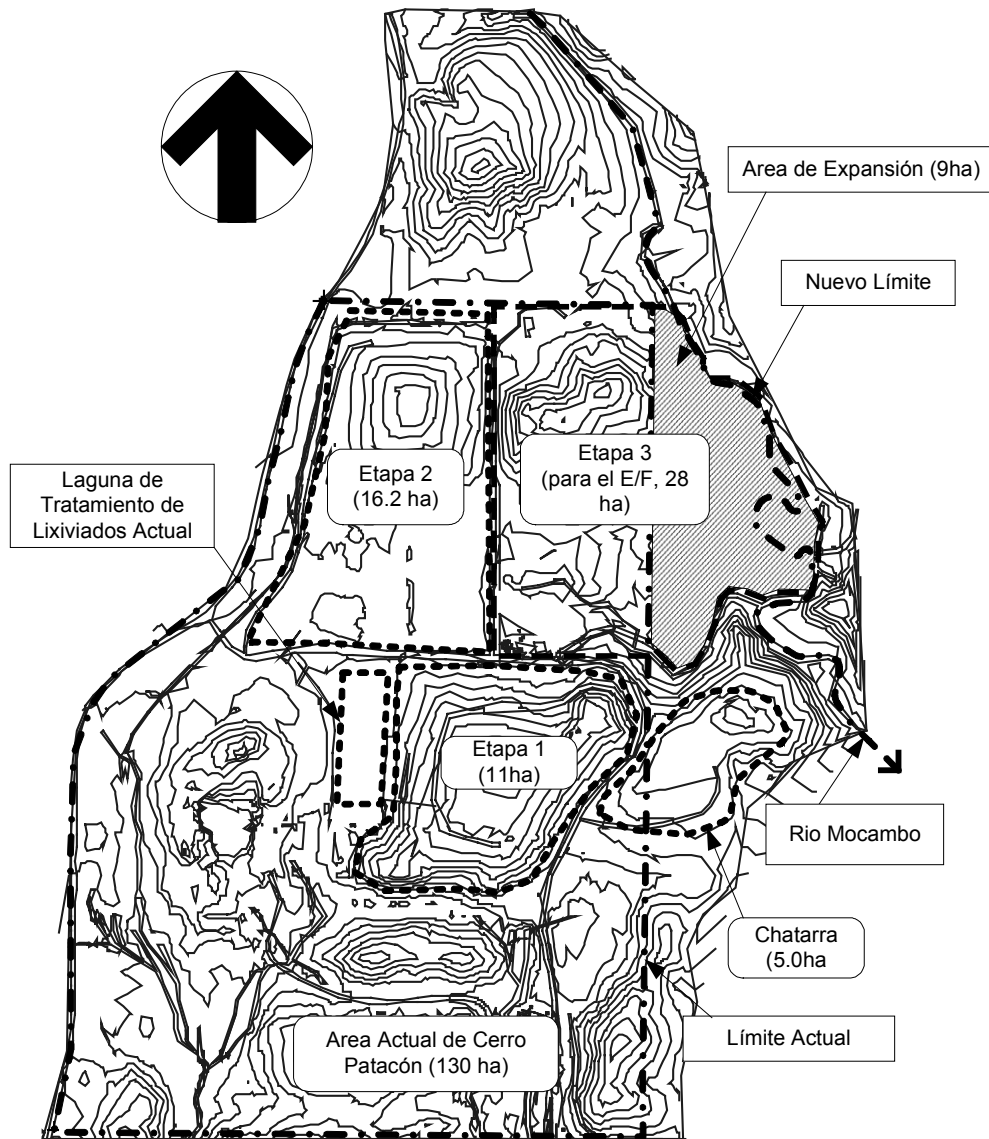


Figura K-41: Sitio del Proyecto

a.5.3 Tipos de Desechos a ser dispuestos

Los desechos a ser dispuestos en el nuevo relleno son desechos sólidos municipales con excepción de aquellos que son peligrosos.

a.5.4 Plan de Desarrollo del Area

Concepto Básico

La capacidad de relleno planificada es de alrededor 6.4 millones de m³. El área posible de desarrollo es de alrededor de 26 ha, teniendo en cuenta también 50 m de ancho de una zona de amortiguamiento a lo largo del río. El relleno tendrá un camino de mantenimiento en su periferia. En consecuencia, el área a ser utilizada por el relleno es de alrededor de 20 ha. .

Un plan esquemático de diseño y un plan de reclamación son formulados con base en los conceptos básicos que muestra el Cuadro K-71, teniendo en consideración ejemplos en el Japón y factores de seguridad. Debido a las características del terreno, existen áreas donde los 50 m de zona de amortiguamiento no podrán ser logrados; para tales situaciones, se tratará de asegurar por lo menos 30 mts.

Cuadro K-71: Concepto Básico del Plan de Desarrollo del Area

Aspecto	Descripción
Camino Interno	ancho :10.0m
Camino de acceso	ancho : 10.0 m, pendiente máxima : 8.000%
Camino de acceso para las instalaciones para tratamiento de lixiviados	ancho : 6.0 m, pendiente máxima : 8.000%
Talud de corte	1:2
Talud del terraplén cara externa del relleno	1:3
Talud del terraplén cara interna hacia el relleno	1:2, hombro del terraplén : 2.0m
Pendiente del relleno	1:3, hombro de la grada : 2.5m
Distancia desde el río	norma :50 m, mínimo : 30 m

Plan de Desarrollo del Area

La construcción del relleno se ha dividido en tres fases como se muestra en la Figura K-42. La Fase 1 se realizará en la parte sur, la Fase 2 se realizará en la parte norte y la Fase 3 se realizará en la parte noreste. El espesor total del relleno será de 10m; el desecho se colocará hasta 80 msnm para cada Fase. Posteriormente, las tres áreas se combinarán y se rellenará sobre ellas para alcanzar 110 msnm, esta parte se denominará Fase 4. Las capacidades de cada Fase se muestran en el Cuadro K-72 que se estimó con base a un mapa 1:2,500.

Cuadro K-72: Cantidad Proyectada para Relleno

Fase	Cantidad para Relleno (m ³)
Fase 1	1,300,000
Fase 2	1,200,000
Fase 3	1,100,000
Fase 4	2,800,000
Total	6,400,000

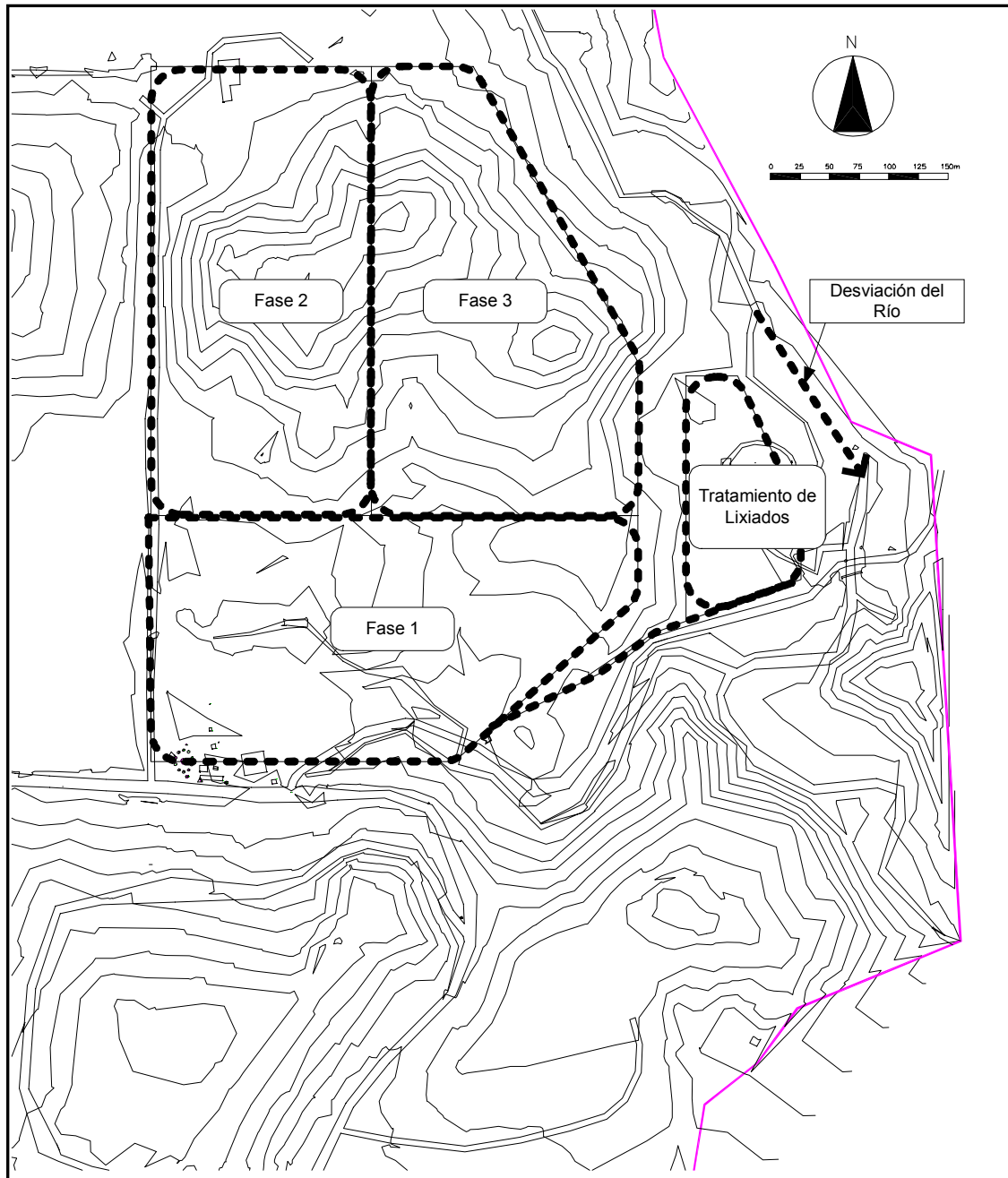


Figura K-42: Plan de Desarrollo del Sitio

Plan de Movimiento de Tierra

El Cuadro K-73 muestra los trabajos de movimiento de tierra que se requieren. Los trabajos masivos de movimiento de tierra para las Fases 2 y 3 serán inevitables para obtener la capacidad suficiente de relleno. Del suelo excavado, 1.4 millones pueden ser utilizados como material de cobertura, el material remanente de excavación será de alrededor de 2.1 millones. El sector norte cerca del área del proyecto puede recibir 2.2 millones de m³ de suelo (Ver Figura K-43)

Cuadro K-73: Volumen de Movimiento de Tierra

	Corte (m ³)	Volumen de Terraplén (m ³)	Balance (m ³) (corte – terraplén)
Fase 1	406,000	15,000	391,000
Fase 2	1,973,000	4,000	1,969,000
Fase 3	1,192,000	26,000	1,166,000
Fase 4	0	1,000	-1,000
Total	3,571,000	46,000	3,525,000

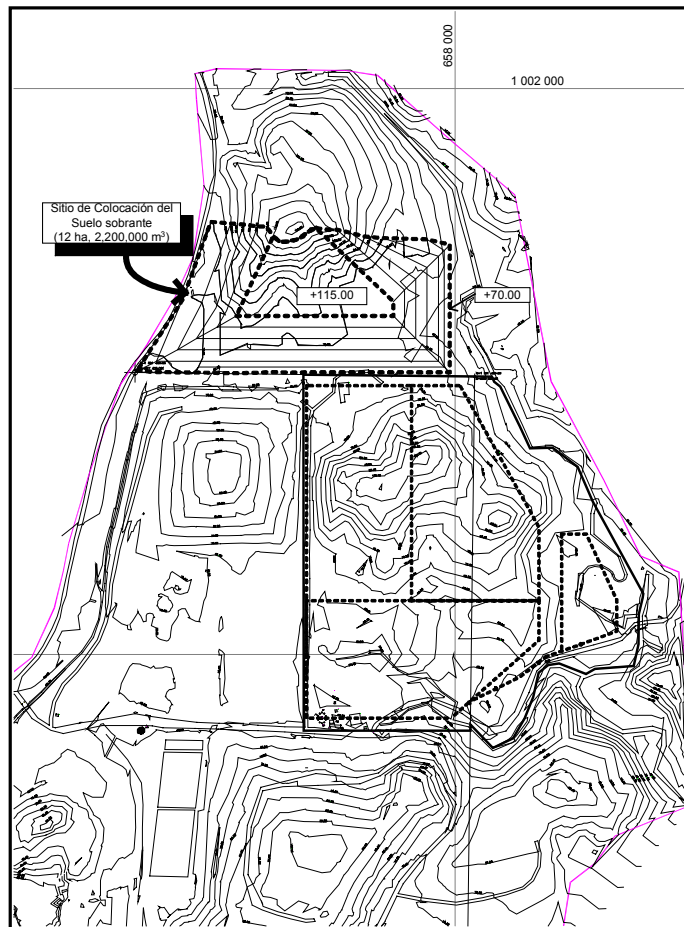


Figura K-43: Area de Colocación de Material Sobrante

Cuadro K-74: Volumen Total que Puede Recibir el Area Donde se Colocará el Material Sobrante

Nivel	Area 1(m ²)	Area promedio (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)
+70.00	48,500	58,300	5	291,500
+75.00	68,100			
+85.00	59,700	63,900	10	639,000
+95.00	50,600			
+105.00	40,100	45,350	10	453,500
+115.00	27,500			
Total				2,273,500

Estructura de Retención para los Desechos

La estructura de retención de los desechos, el terraplén, sirve para contener a los desechos y también para temporalmente almacenar una gran cantidad de lixiviado que se produce debido a la lluvia. La construcción del terraplén será parcial, teniendo en consideración que la mayoría del relleno será excavado. La altura del terraplén será de 10 m medidos desde el fondo del relleno. La pendiente de la cara interior del terraplén será de 1 a 2 y la pendiente de la cara externa será de 1 a 3 con el fin de tomar en cuenta la estabilidad del talud. El terraplén será construido con material bueno extraído de la misma área del proyecto.

a.5.5 Plan de Recolección del Agua Subterránea

Situación Actual

De acuerdo con el estudio geológico, el nivel del agua subterránea es muy superficial. Se estima que el agua fluye del noroeste hacia el sureste. Además, la roca se encuentra en un nivel somero; sin embargo, esta roca no será una capa impermeable, teniendo en cuenta que existen fracturas por las que fluye el agua subterránea.

Instalación de una Estructura de Drenaje de Agua Subterránea

La estructura de drenaje será instalada con el fin dirigir el flujo de agua subterránea bajo el relleno. La estructura de drenaje consistirá de una línea principal y de ramificaciones. Las líneas principales serán instaladas en la base del terraplén y terrazas. Las ramificaciones serán distribuidas en un área de 3,000 m² (en un intervalo de alrededor de 30 m).

Diseño de la Estructura de Drenaje para Aguas Subterráneas

El diseño de la estructura de drenaje para aguas subterráneas se muestra en la Figura K-44. La estructura se diseñó con base en ejemplos del Japón; consiste de tubería de polímero perforada que es cubierta por roca triturada. La línea principal tiene un diámetro de 300 mm. Las ramificaciones tienen un diámetro de 200 mm que evitarán que se obstruya con tierra.

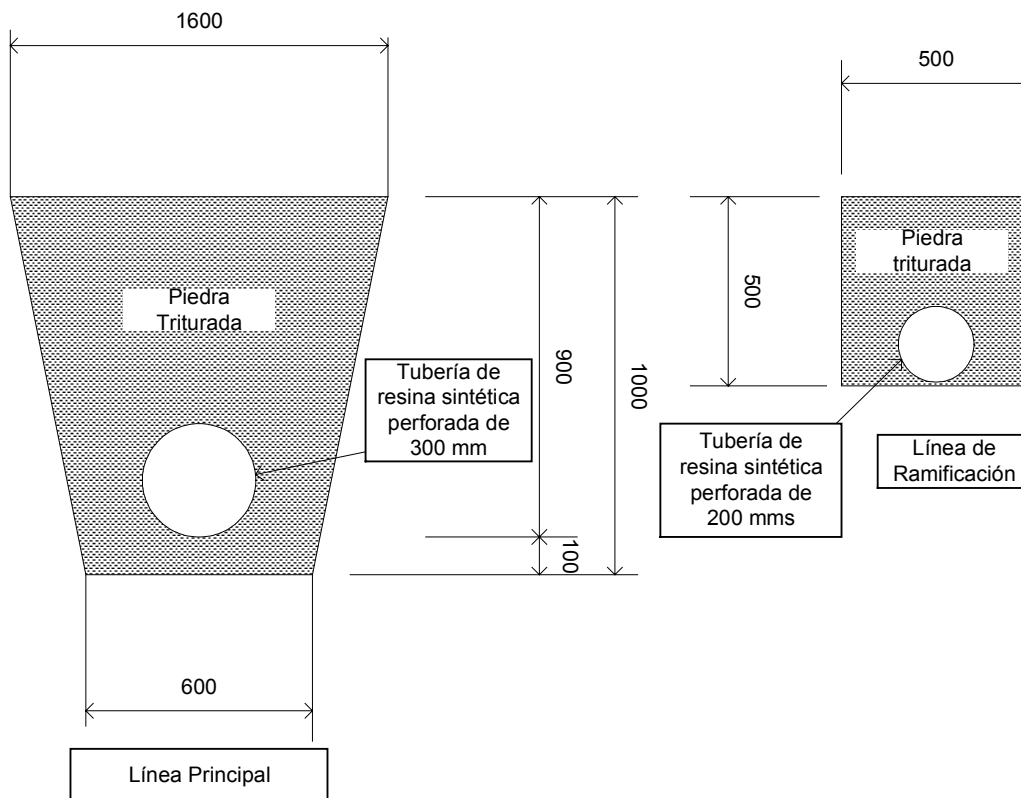


Figura K-44: Area Transversal del Drenaje para Aguas Subterráneas

a.5.6 Plan de Drenaje de Agua Pluvial

Cantidad de Escorrentía Pluvial

La formula racional se aplica para obtener el diseño de la cantidad de escorrentía pluvial.

$$Q=1/360 \times f \times r \times A$$

donde ;

Q	:	cantidad de escorrentía pluvial (m ³ /seg)
f	:	Tasa de escorrentía
r	:	Intensidad de escorrentía (mm/hora)
A	:	Area de captación (hectárea)

Tasa de Escorrentía

La tasa de escorrentía, “f,” depende de condiciones superficiales del área de captación. Las características del área de captación muestran que es un poco accidentada y con vegetación. Por lo tanto, se aplica un valor de “f” de 0.6 de acuerdo con el Cuadro K-75.

Cuadro K-75: Tasa de Escorrentía para Flujos Picos

Características Topográficas	f p
Terreno escarpado	0.75~0.90
Montañosos ondulante y/o bosque	0.50~0.75
Terreno dedicado a la agricultura	0.45~0.60

Fuente: Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles, 1999

Intensidad de Precipitación

La probabilidad de precipitación para dos años (65 mm/hr) es usada, la que fue obtenida de la Autoridad del Canal de Panamá.

Area de Captación

El área de captación variará de acuerdo al avance en los trabajos de relleno, por ejemplo, el área llegará a su máximo con la finalización de la Fase 4. Fosas de drenaje han sido diseñadas con base en el área máxima de captación.

Sistema de Drenaje

Se empleará fosas trapezoidales de drenaje con pavimento de concreto. El tamaño de las fosas de drenaje se computa por medio de la Formula de Manning con 20% de la altura de holgura.

a.5.7 Plan de Manejo de los Lixiviados

i) Plan para Controlar la Percolación

El basamento del área del proyecto es roca. La roca se encuentra fracturada y se asume que el agua subterránea va a fluir a través de estas fracturas. Aunque la roca en sí tiene alta impermeabilidad, debido a las fracturas debe considerarse como permeable. Por lo tanto, el control de la percolación debe planificarse con el fin de prevenir la contaminación del agua subterránea con el lixiviado.

Existen dos maneras para controlar la percolación. Una de ellas consiste en construir una pared impermeable, este método se aplica cuando existe claramente una capa impermeable en el fondo. La otra consiste de proveer una cobertura superficial impermeable sobre el fondo del relleno. De acuerdo a las condiciones geológicas del área, el último método para controlar la percolación es el recomendable.

Una capa sintética es comúnmente utilizada como capa impermeabilizante. Dicha capa sintética no es gruesa, de manera tal que puede ser dañada debido a mal uso/instalación. Las principales causas que posiblemente causan daño a dicha capa sintética se resumen en el Cuadro K-76.

Cuadro K-76: Causas principales que Provocan Daños a la Capa Sintética Impermeabilizante

Factor	Causa
Terreno	Salientes, asentamiento circular, depresión del terreno, etc.
Agua Sub-terránea	levantamiento, etc.
Trabajos de relleno	Rasgaduras por parte del equipo de relleno, etc.
Desechos	Desecho cortante, la carga viva del desecho
Clima	Degradación ultravioleta, tensión térmica, tensión de fractura, etc.
Instalación	Rasgadura por parte del equipo de construcción, defectos de las juntas, etc.

La principal causa se debe a la presión causada por cargas en su superficie. Con el fin de evitar que la capa impermeabilizante sea dañada, se debe proteger con una capa de suelo y geotextil lo suficientemente gruesa. En consecuencia, se propone un diseño de un sistema de impermeabilización como el que muestra la Figura K-45.

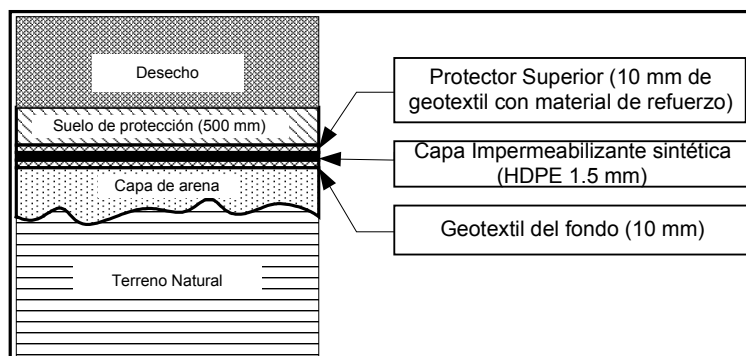


Figura K-45: Sistema de Impermeabilización para Controlar la Percolación

ii) Recolección de Lixiviados

Cantidad de Lixiviado que Escurre

El lixiviado debe drenar inmediatamente de manera tal que no obstaculice la operación del relleno. Por otra parte, si el lixiviado se drena rápidamente, no habrá lixiviado que se vaya a percolar por alguna parte dañada del sistema de impermeabilización. Por lo tanto, el sistema de recolección de lixiviados debe tener capacidad para drenarlo de manera inmediata. La cantidad de diseño del lixiviado que escurre se calcula utilizando la fórmula racional, donde la misma precipitación es tratada como lixiviado que debe drenarse de manera inmediata.

$$Q=1/360 \times c \times r \times A$$

donde ;

Q	:	cantidad de lixiviado que escurre (m ³ /sec)
c	:	tasa de escorrentía
r	:	intensidad de lluvia (mm/hora)
A	:	área de captación (hectárea)

Tasa de escorrentía

Entre 0.6 y 0.7 es comúnmente utilizado como tasa de escorrentía, "c". Con el propósito de disminuir el tiempo de retención del lixiviado en el relleno, 0.7 es aplicado como "c".

Intensidad de Lluvia

La probabilidad de precipitación de dos años (65 mm/hr) es utilizada, la que fue obtenida de la Autoridad del Canal de Panamá.

Area de Captación

Las áreas de relleno de cada una de las fases son consideradas como áreas de captación.

Ordenamiento de las tuberías de recolección

La tubería de recolección consiste de líneas principales y ramificaciones. Las líneas principales son colocadas en el centro de las áreas de relleno y las ramificaciones se distribuyen en 3,000 m² (en un intervalo de aproximadamente 30 m).

Tamaño de la tubería de recolección

Se usará tubería de polímero perforada como tubería de recolección. El tamaño de la tubería es decidido en base a cálculos que se basan en la fórmula de Manning. Se asume, en este cálculo, que toda la sección transversal es utilizada para realizar los cálculos.

iii) Planta de Tratamiento de Lixiviados

Una estructura de tratamiento de lixiviados será construida, la que tiene como objetivo hacer que los efluentes cumplan con los estándares de la ANAM, “Normas para Agua Residuales, ANAM/DGNTI-COPANIT 35-2000.” El Cuadro K-77 describe la planta de tratamiento.

Cuadro K-77: Resumen de la Planta para el Tratamiento de Lixiviados

Aspecto	Descripción
Laguna de Regulación	24,000 m ³
Capacidad de tratamiento	800 m ³ /día
Método de Tratamiento	Foso de Oxidación con sedimentación química, filtro de arena y absorción de carbones activados
Foso de Oxidación	17,600 m ³ (Tiempo de Retención 22 días)
Tanque de Sedimentación	200 m ³ / 54 m ² (Tiempo de detención 6 hrs.)
Tanque de Sedimentación Química	200 m ³ / 54 m ² (tiempo de retención 6 hrs.)
Filtro de Arena	Filtro de Arena a Presión (diámetro: 3.5 m, no.:2)
Absorbedor de Carbones Activados	A presión (diámetro: 3.5 m, no.:2)

Condiciones de Diseño

Las condiciones de diseño para la instalación de tratamiento de lixiviados se muestran en el Cuadro K-78, se basan en datos típicos de calidad de lixiviados y su objetivo es cumplir con los estándares de vertido de la ANAM.

Cuadro K-78: Condiciones de Diseño de la Planta para Tratamiento de Lixiviados

	Calidad del Líquido de Entrada (mg/litro)	Calidad del Vertido (mg/litro)
DBO	10,000	35
DQO	18,000	100
Nitrógeno Orgánico	200	10
Nitrógeno de amonía (NH ₃ -N)	200	3
Fósforos Totales	30	5
Nitrato	25	6

Fuente : integrated solid waste management, McGraw-Hill

Proceso del Tratamiento

Para este plan se ha considerado utilizar un foso de oxidación, que puede remover la materia nitrogenada y es relativamente fácil de operar, en combinación con tratamientos físico-químicos para remover fósforo y metales pesados. La Figura K-46 muestra el proceso propuesto para el tratamiento de lixiviados.

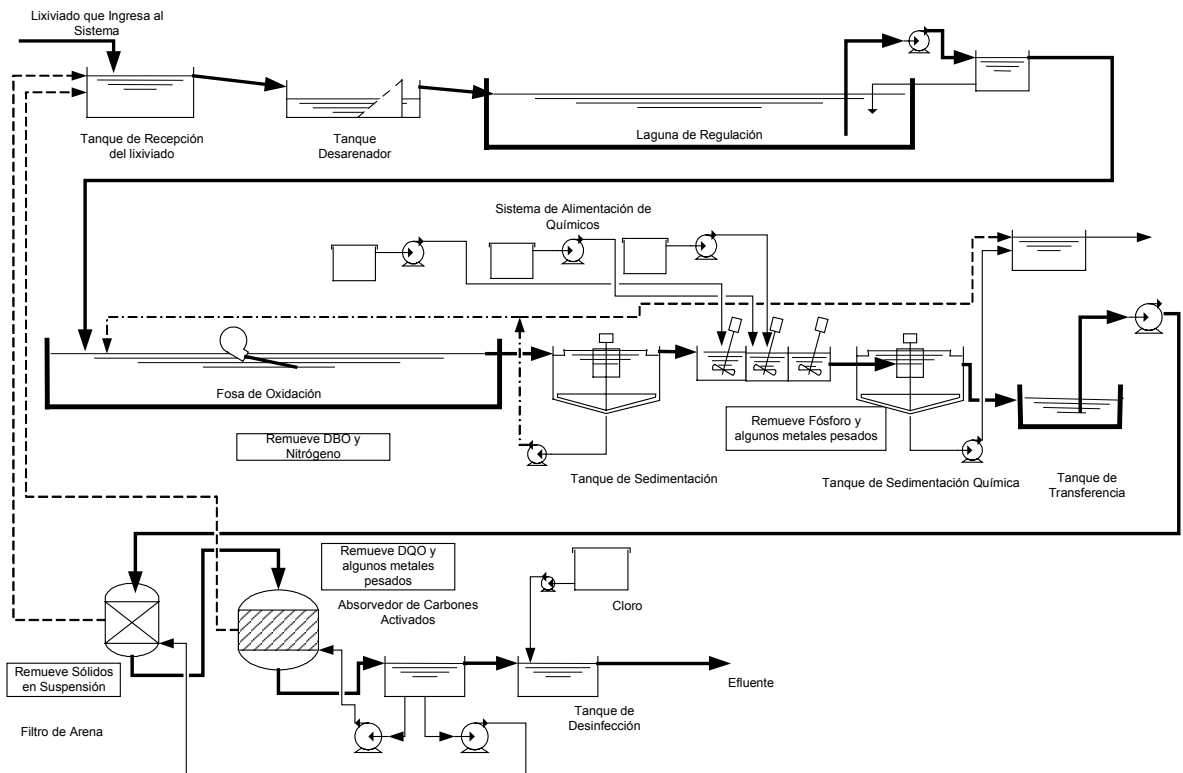


Figura K-46: Lámina que Muestra el Flujo del Proceso para el Tratamiento de Lixiviados

a.5.8 Plan para el Manejo de los Gases del Relleno

Una manera pasiva de control será empleado para el manejo de los gases del relleno. La emisión descontrolada de gases desde la superficie del relleno será minimizada con la instalación de tuberías para su remoción. 92 tubos de PVC con diámetro de 200 mm serán instalados en un área de relleno de 20.4 ha.

a.5.9 Método de Operación del Relleno

Se aplicará el método de celdas, en el que el desecho será compactado con equipo pesado apropiadamente y será cubierto con suelo (con un espesor de 15 cm) al final del día de operación, con el propósito de controlar los pájaros y vectores, así como prevenir que haya esparcimiento de desechos livianos causado por el viento. Además, la cobertura diaria es efectiva para reducir la cantidad de lixiviado generado, teniendo en cuenta que cierta cantidad de precipitación se escurrirá sobre el suelo de cobertura y saldrá fuera del área del relleno sin infiltrarse, y llegar a tener contacto con los desechos.

a.5.10 Clausura y Post-clausura

Clausura

Una estructura de cobertura final, que consista de varias capas, como se muestra en la Figura K-47 será construida cuando la operación haya concluido. Los principales propósitos de la cobertura final son: i) reducir la generación de lixiviados, ii) prevenir la difusión descontrolada de los gases provenientes del relleno, y iii) mejorar la apariencia externa.

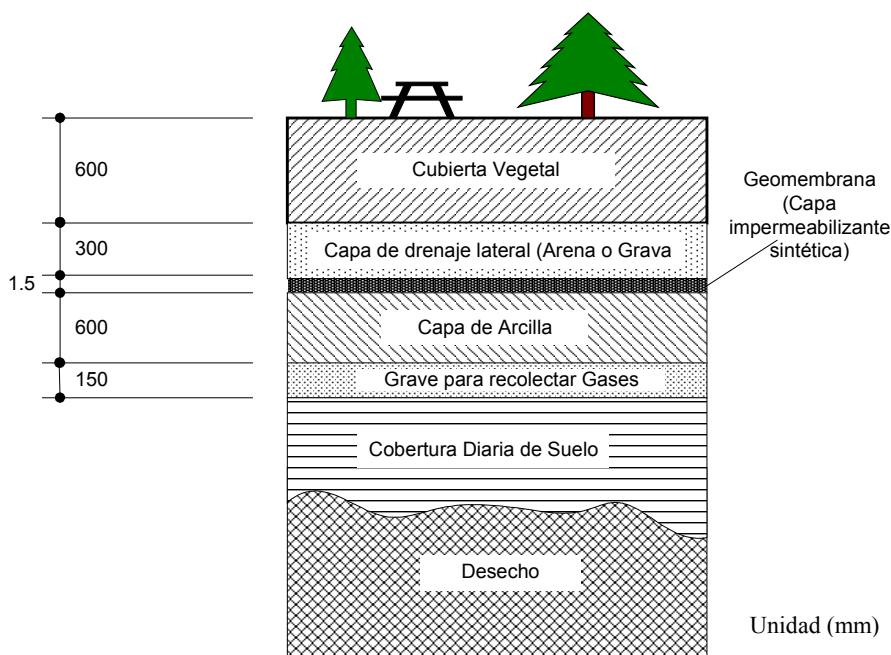


Figura K-47: Estructura Propuesta de la Cobertura Final

Plan para Uso Post-Clausura

El sitio del relleno será cubierto con árboles para que armonice con el parque nacional que se ubica en las cercanías y parte del mismo sea utilizado como parque. La cobertura de vegetación de la superficie será efectiva para fomentar el proceso de evapotranspiración en la superficie, lo que conllevará a una reducción de lixiviados generados.

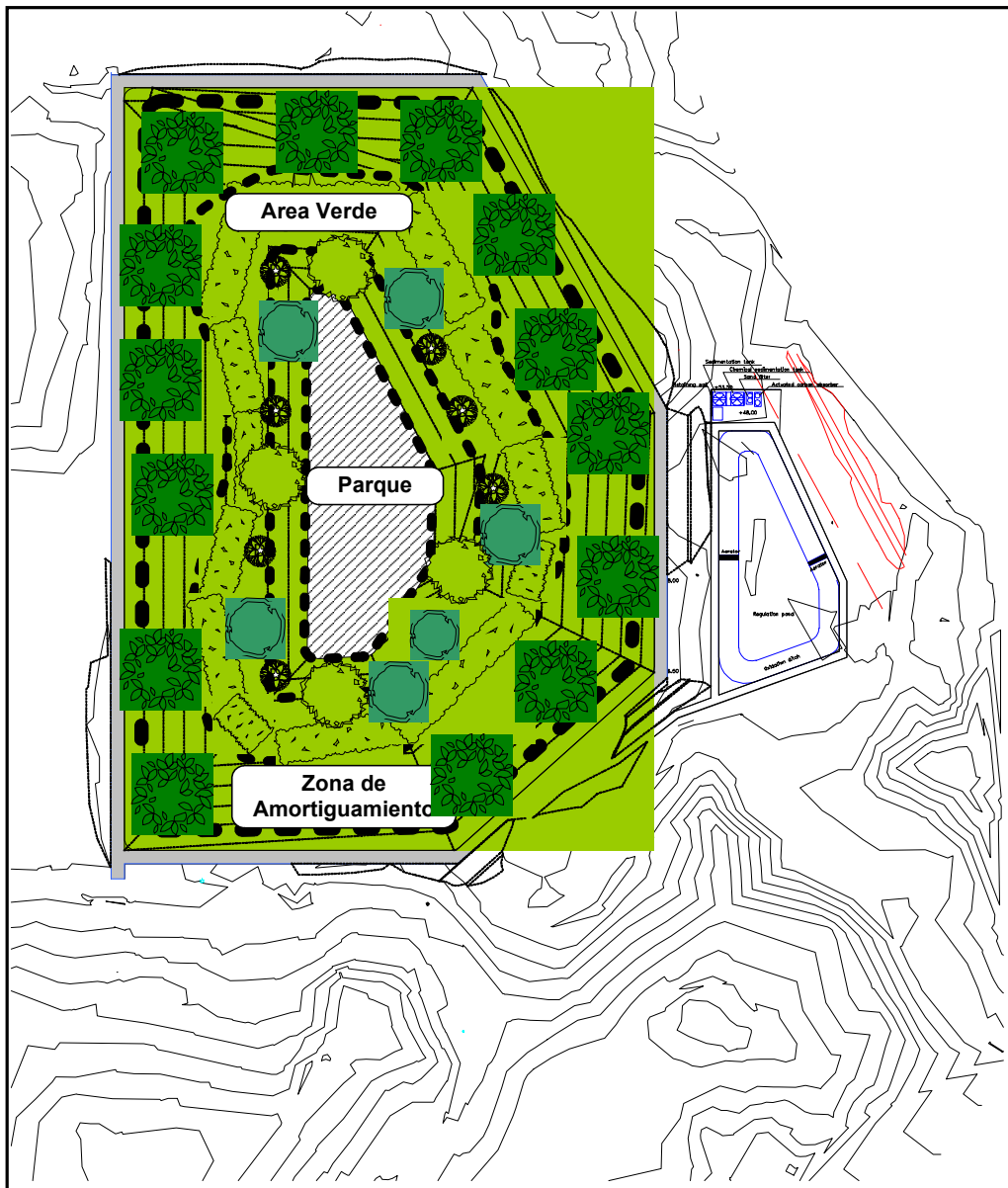


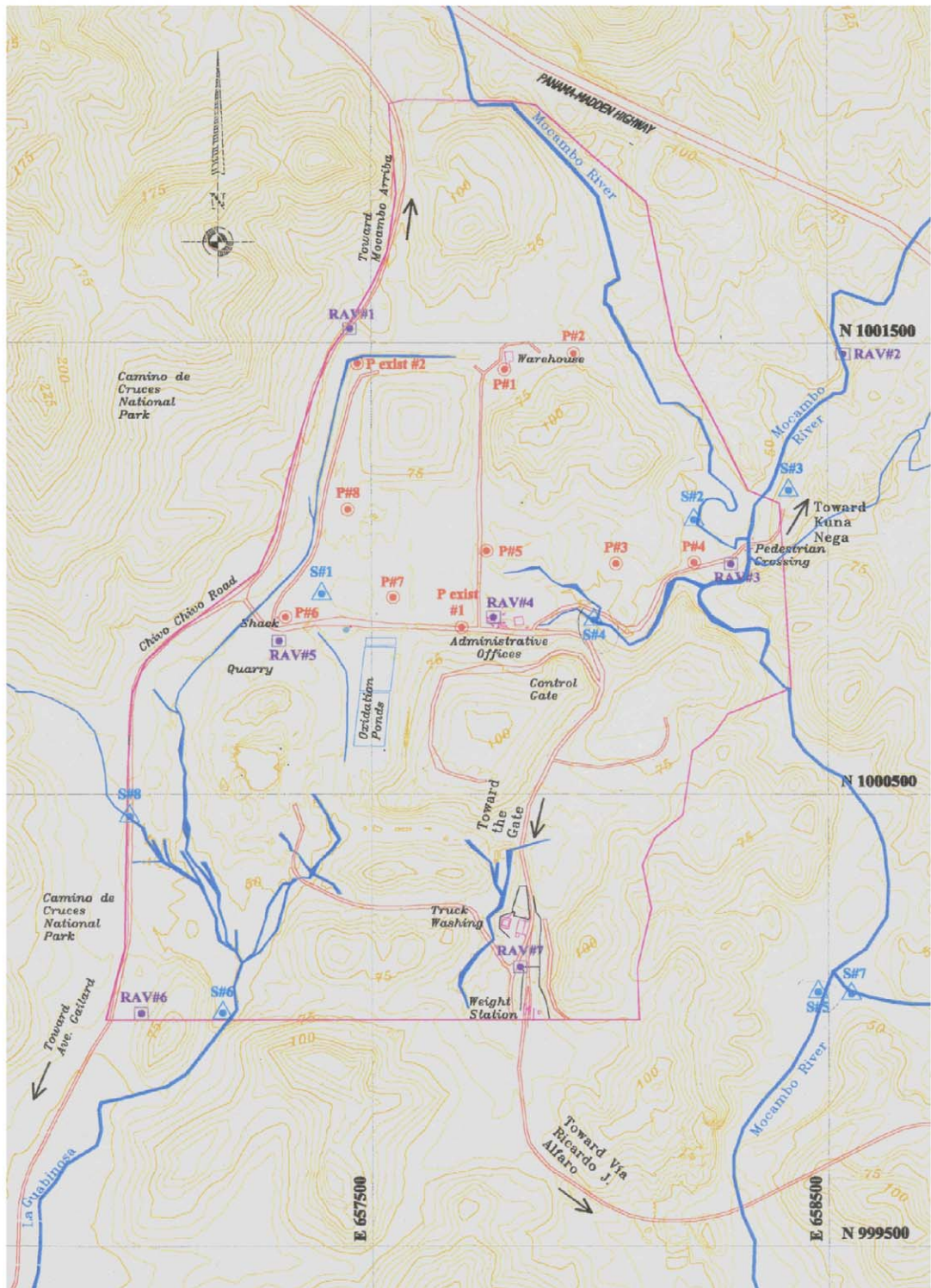
Figura K-48: Plan para el Uso del Relleno Clausurado

b. Ambiente Natural y Socio-económico

Esta sección describe los aspectos ambientales y socio-económicos del proyecto y sus alrededores, principalmente utilizando como fundamento el estudio ambiental de línea base realizado entre Julio y Septiembre del 2002 por un contratista privado bajo la supervisión del Equipo de Estudio bajo el esquema del mismo Estudio. El Cuadro K-79 resume dicho estudio.

Cuadro K-79: Aspectos del Estudio Ambiental de Línea Base

Información General	
Aspectos Requeridos	a) Dirección del viento b) Velocidad del viento c) Temperatura d) Humedad e) Precipitación f) Radiación Solar, horas de sol
Geología	
Explotación del Suelo:	8 perforaciones, c/u de aproximadamente de 10 m de profundidad, se perforaron tanto dentro como en los alrededores del Sitio de Disposición final de Cerro Patacón. Las pruebas y datos requeridos fueron la prueba de penetración, la prueba de carga, medición del nivel del agua subterránea, prueba de permeabilidad in-situ, prueba interna del suelo (compresión tri-axial y prueba de consolidación).
Investigación del suelo superficial:	100 perforaciones de aproximadamente 2 m de profundidad sobre un área de 100 ha y alrededor del Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón.
Agua Superficial	
Muestras:	8 muestras tanto dentro como alrededor del "Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón."
Aspectos analizados:	Caudal, temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbidez, color, alcalinidad, contenido de aceite, coliformes fecales, DBO5, DQO, SS, amoníaco, nitrógeno, nitrógenos totales, iones principales (Na ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SiO ₂ , Cl ⁻), fósforos totales, metales pesados (cadmio, cianógeno, plomo, cromos totales, cromo hexavalente, arsénico, mercurios totales, cobre, zinc, hierro, manganeso), PCB
Agua Subterránea	
Muestra:	10 muestras (2 muestras de dos pozos de monitoreo y 8 muestras obtenidas de las perforaciones del estudio geológico)
Aspectos Analizados: :	Caudal, temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbidez, color, alcalinidad, contenido de aceites, coliformes fecales, DBO5, DQO, SS, nitrógeno amoníaco, nitrógenos totales, iones principales (Na ⁺ , Ca ²⁺ , HCO ₃ ⁻ , SiO ₂ , Cl ⁻), fósforos totales, metales pesados (cadmio, cianógeno, plomo, cromos totales, cromo hexavalente, arsénico, mercurios totales, cobre, zinc, hierro, manganeso), PCB
Contaminantes en el Aire	
Lugar de muestreo:	7 puntos dentro y en los alrededores del Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón
Aspectos analizados:	Dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, olores
Ruido y Vibraciones	
Lugar de Muestreo:	Los mismos 7 puntos muestreados para Contaminantes en el aire
Aspecto de análisis:	Ruido y vibraciones
Flora y Fauna	
Lugar de Muestreo:	Alrededor de 200 ha dentro y en los alrededores del Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón



- ▲ : Puntos para el muestreo del agua superficial ● : Puntos de muestreo de agua subterránea ◻ : Puntos de muestreo para aire, ruido y vibraciones

Figura K-49: Mapa de Ubicación del Estudio de Línea Base (Agua superficial, agua subterránea, aire, ruido y vibraciones)

b.1 Ambiente Natural

b.1.1 Meteorología

Precipitación, Temperatura y Viento

El clima del área ha sido clasificado como Tropical de Sabana, de acuerdo a la clasificación de Koppen con un promedio anual de precipitación de 2,100 mm y una temperatura máxima promedio de 25.7 °C. Los vientos del sector tienden a ser de baja intensidad, siendo de alrededor de 8.5 km/hr, principalmente hacia el Norte y el Noreste.

Cuadro K-80: Precipitación Anual (1992-2001)

Unidad: (mm)

Año	Estación de Balboa FAA (Estación Tipo A)	Estación de Pedro Miguel (Estación Tipo PV)
	Latitud: 08° 58' 08" N Longitud: 79° 32' 58" W Altitud 10 masl	Latitud: 09° 01' 22" N Longitud: 79° 37' 02" W Altitud 30 masl
1992	2,207.26	2,044.70
1993	2,443.48	2,197.10
1994	2,100.58	1,968.50
1995	2,875.28	1,971.04
1996	2,451.10	2,367.28
1997	1,905.00	1,668.76
1998	1,953.26	2,189.48
1999	1,940.56	2,270.76
2000	1,927.86	2,138.68
2001	1,648.02	1,963.42
Promedio	2,148.84	2,077.97

Fuente: División de Ingeniería de la Autoridad del Canal de Panamá (2002).

Nota: La Estación Tipo A registra sólo lluvias, temperatura, humedad relativa, presión, viento, radiación solar, brillo solar

La Estación Tipo PV mide la cantidad de precipitación

Cuadro K-81: Precipitación Mensual Promedio (1992-2001)

Unidad: mm

Mes	Estación de Balboa FAA			Estación de Pedro Miguel		
	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima
Enero	55.88	170.18	0.0	40.64	144.78	0.0
Febrero	27.94	99.06	0.0	15.24	81.28	0.0
Marzo	40.64	91.44	0.0	27.94	142.24	0.0
Abril	66.04	127.00	0.0	78.74	162.56	17.78
Mayo	276.86	487.68	96.52	238.76	381.00	154.94
Junio	266.70	566.42	137.16	261.62	459.74	121.92
Julio	218.44	462.28	119.38	228.60	299.72	119.38
Agosto	185.42	299.72	71.12	233.68	342.90	142.24
Septiembre	271.78	490.22	142.24	238.76	337.82	149.86
Octubre	289.56	431.80	167.64	304.80	353.06	218.44
Noviembre	287.02	411.48	157.48	279.40	355.60	167.64
Diciembre	162.56	251.46	10.16	119.38	259.08	5.08

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, División de Ingeniería (2002)

Cuadro K-82: Temperatura Anual Promedio (1992 – 2001)

Unidad: °C

Año	Temperatura
1992	26.70
1993	27.00
1994	27.00
1995	26.66
1996	26.01
1997	26.88
1998	27.08
1999	26.02
2000	26.10
2001	26.37
Promedio Anual	26.6

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, División de Ingeniería (2002)

Cuadro K-83: Temperatura Mensual (1992 – 2001)

Unidad: °C

Mes	Promedio	Máxima	Mínima
Enero	26.55	27.83	25.38
Febrero	27.05	27.94	26.11
Marzo	27.38	28.66	26.50
Abril	27.66	28.50	27.00
Mayo	27.05	27.94	26.27
Junio	26.66	27.33	25.88
Julio	26.61	27.50	25.83
Agosto	26.27	27.33	25.16
Septiembre	26.11	27.00	25.33
Octubre	26.11	26.55	25.55
Noviembre	25.83	26.33	25.38
Diciembre	26.11	27.33	25.00
Promedio	26.61	27.55	25.78

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, División de Ingeniería (2002)

Cuadro K-84: Dirección y Velocidad Promedio Mensual
del Viento en la Estación de Balboa (1992 – 2001)

Mes	Velocidad (Km/h)	Dirección
Enero	7.40	333.4° NW
Febrero	8.21	338.6° NW
Marzo	8.53	341.9° NW
Abril	7.56	336.4° NW
Mayo	6.28	298.7° NW
Junio	5.47	293.7° NW
Julio	5.95	308.9° NW
Agosto	5.79	308.8° NW
Septiembre	5.31	263.9° SW
Octubre	5.47	255.4° SW
Noviembre	5.63	296.0° NW
Diciembre	6.12	325.0° NW

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, División de Ingeniería (2002)

Radiación Solar, Brillo Solar, y Humedad

Los datos de 10 años (1992 – 2002) de la Estación de Balboa FAA reflejan que la radiación solar promedio anual para el área de estudio es de 123,914.1 Ly. Claramente se muestra que la radiación solar durante la temporada seca (Enero, Febrero, Marzo y Abril) es mayor que durante la temporada lluviosa (los meses no mostrados como parte de la temporada seca). Esta tendencia es más claramente mostrada para los datos de brillo solar como se ve en la Figura K-51. Por otra parte, la humedad relativa promedio es de 78.0%. Durante la temporada seca, la humedad promedio mensual varía entre 67.4% y 73.0%; la misma aumenta en la temporada lluviosa entre 79.5% y 84.6% a como se refleja en el Cuadro K-86.

Cuadro K-85: Radiación Promedio Anual (1992-2001)

Año	Radiación Solar (Ly)
1992	127,334.3
1993	129,155.2
1994	132,265.8
1995	134,191.1
1996	119,239.8
1997	110,866.5
1998	119,757.7
1999	117,930.3
2000	121,137.4
2001	127,263.2
Promedio Anual	123,914.1

Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, División de Ingeniería (2002)

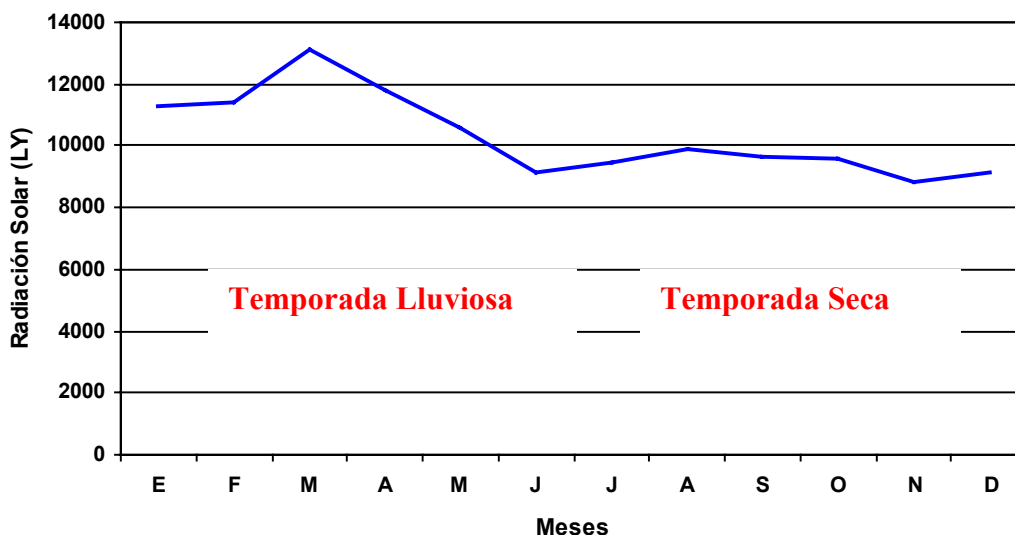
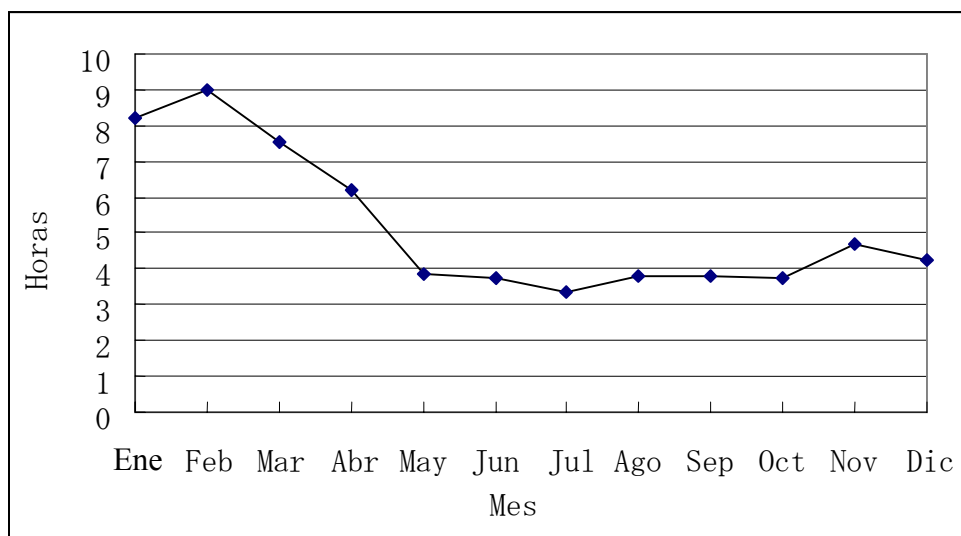


Figura K-50: Radiación Solar Promedio Mensual (1992-2001)



Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, Estación de Albrook

Figura K-51: Horas Diarias de Brillo Solar Promedio (2000-2001)

Cuadro K-86: Promedio Mensual y Anual de Humedad Relativa

Unidad: %

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Average
1992	63.9	61.6	61.5	62.1	70.5	74.3	68.8	74.0	74.0	67.9	81.9	76.7	69.8
1993	73.8	64.8	65.9	70.4	76.3	77.7	76.4	75.9	75.9	82.3	81.3	75.7	74.7
1994	68.9	65.0	65.3	66.0	75.6	77.1	75.6	78.4	77.5	77.3	77.0	70.9	72.9
1995	66.4	61.5	64.8	79.0	83.1	81.4	85.1	86.1	84.7	85.4	86.0	83.7	78.9
1996	80.1	75.2	72.8	74.2	83.7	85.3	83.6	84.0	84.9	84.1	83.2	79.9	80.9
1997	75.3	72.3	66.1	69.3	77.3	83.5	82.5	82.7	85.2	85.2	85.4	75.9	78.4
1998	70.5	70.2	64.9	70.9	81.1	84.6	84.3	84.7	82.5	82.8	84.3	84.3	78.8
1999	76.2	70.7	69.9	75.3	82.2	84.2	83.0	84.1	82.5	82.9	83.3	82.7	79.7
2000	73.7	68.8	65.4	69.8	80.4	83.0	81.8	88.8	90.0	90.0	88.9	87.3	80.6
2001	81.3	77.2	77.9	76.8	84.7	87.3	87.8	87.7	89.6	89.7	89.4	89.4	84.9
Promedio	73.0	68.7	67.4	71.4	79.5	81.8	80.9	82.6	82.7	82.7	84.1	80.6	78.0

b.1.2 Geología

Condiciones Geológicas

Las condiciones geológicas del área del proyecto muestran que la parte superior consiste de limo y/o arcillas y la capa subyacente está formada por rocas meteorizadas. La conductividad hidráulica de la parte superior varía entre 10^{-4} y 10^{-6} (cm/seg). Para este estudio, una investigación geológica fue realizada; la ubicación de las perforaciones se muestran en la Figura K-52. La Figura K-53, la Figura K-54, la Figura K-55 y la Figura K-56 presentan las secciones transversales de los cortes que reflejan parte de las condiciones geológicas del área. Como muestran las figuras, la base subyacente del sitio del proyecto está conformada por un rocas. Por lo tanto, se estima que capa basamental soportará un incremento de esfuerzos como producto de la disposición de desechos.

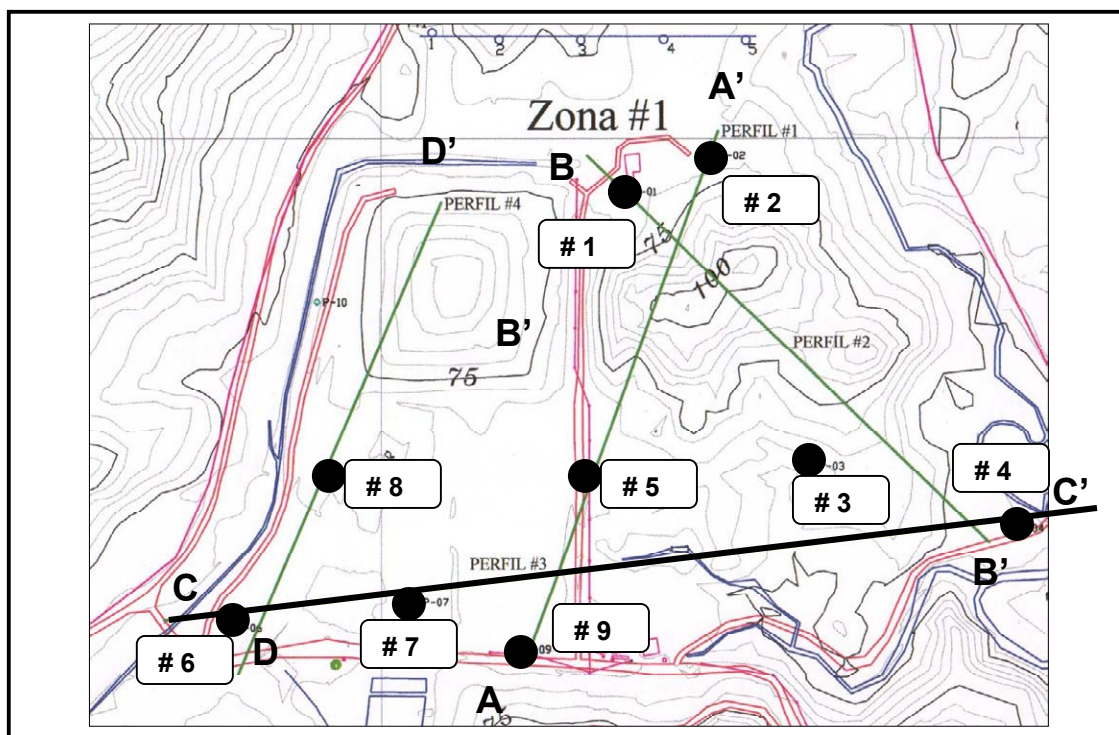


Figura K-52: Mapa de Ubicación de las Perforaciones para la Investigación Geológica

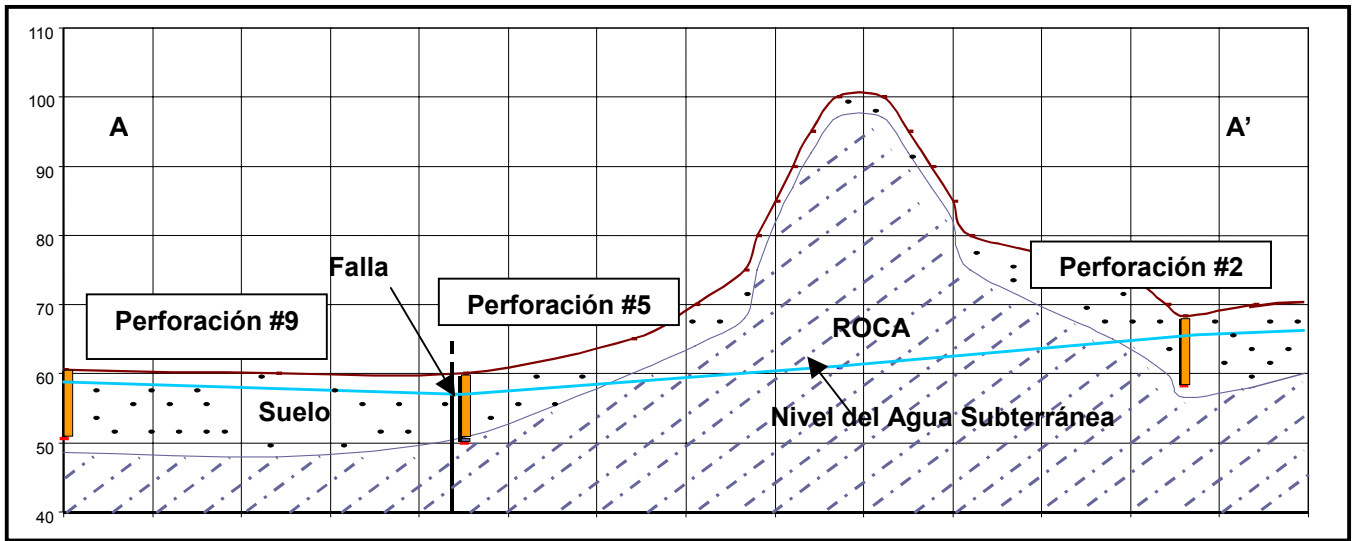


Figura K-53: Sección A-A'

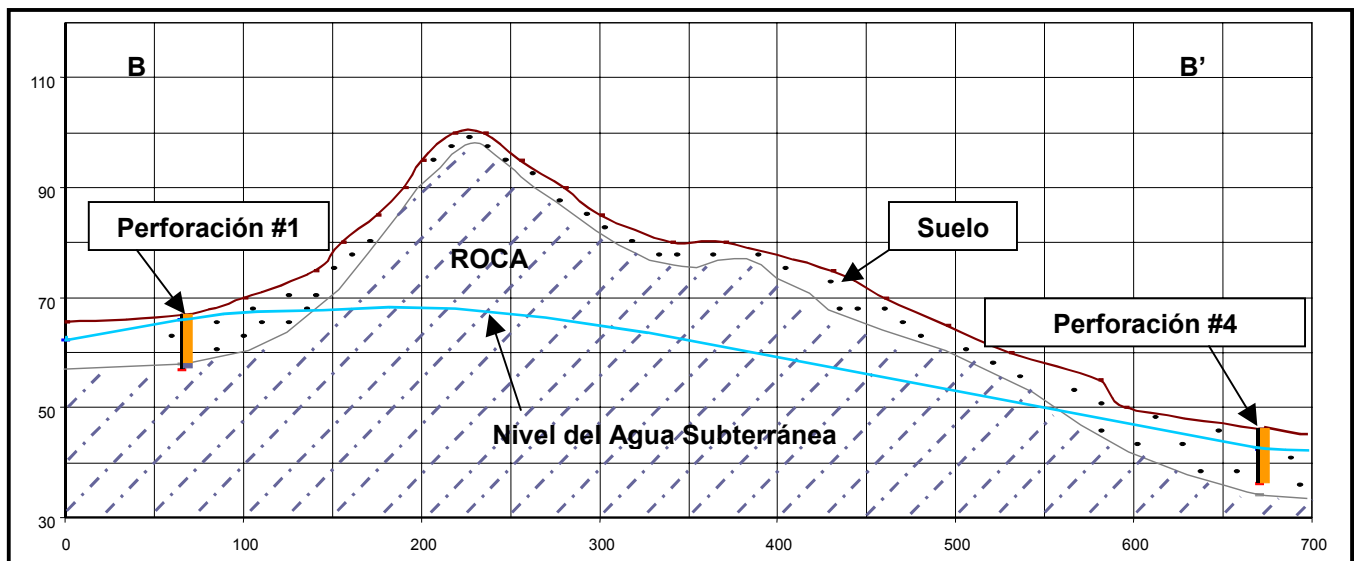


Figura K-54: Sección B-B'

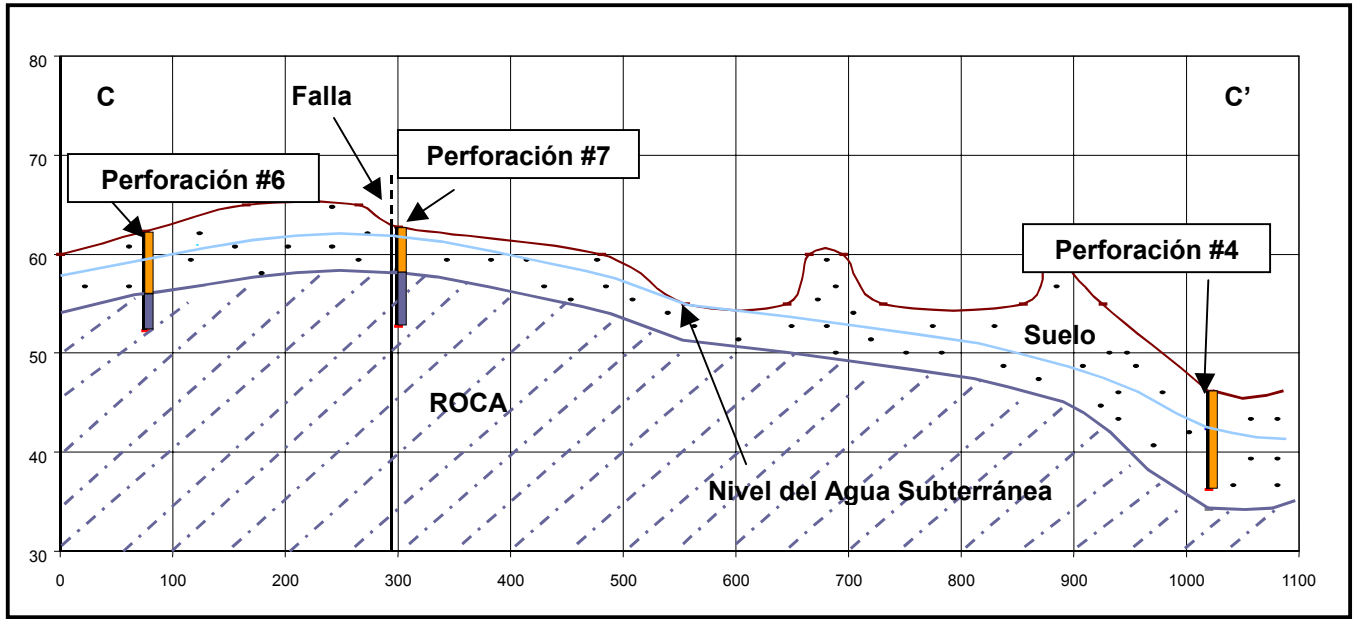


Figura K-55: Sección C-C'

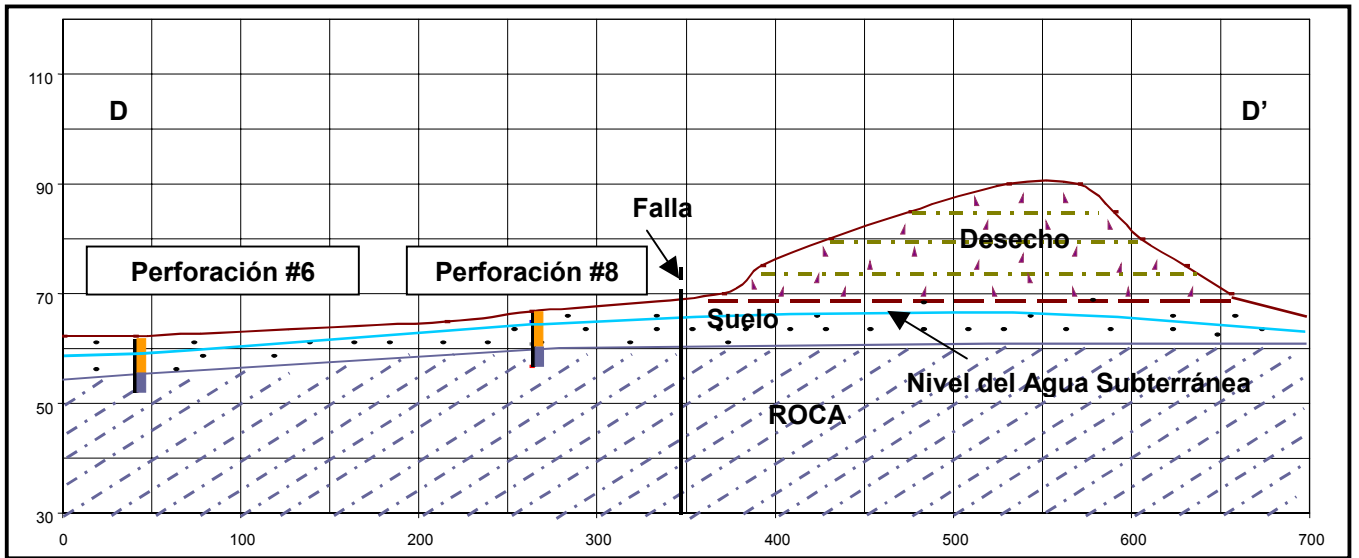


Figura K-56: Sección D-D'

Permeabilidad

Las pruebas de permeabilidad in situ fueron realizadas en los mismos pozos perforados. El Cuadro K-87 muestra los resultados de la prueba.

Cuadro K-87: Resultados de las Pruebas de Permeabilidad

Número de perforaciones	UBICACION	K (m/s)	K (cm/s)	TIPO DE PERMEABILIDAD
P # 1-02	1001434.42 N, 657796.87 E	8.24 E-07	8.24 E-05	Muy baja
P # 2-02	1001478.89 N, 657900.95 E	5.09 E-07	5.09 E-05	Prácticamente impermeable
P # 3-02	1000987.18 N, 658073.14 E	3.59 E-08	3.59 E-06	
P # 4-02	1001028.35 N, 658260.56 E	1.57 E-07	1.57 E-05	
P # 5-02	1001090.35 N, 657757.58 E	2.14 E-07	2.14 E-05	Muy baja
P # 6-02	1000909.59 N, 657317.57 E	2.32 E-06	2.32 E-04	Prácticamente Impermeable
P # 7-02	1000940.26 N, 657542.50 E	6.84 E-08	6.84 E-06	
P # 8-02	1001097.23 N, 657425.56 E	6.00 E-08	6.00 E-06	

Los pozos No. 1, 2, 3, y 5 se encuentran ubicados en el área del proyecto. Todos ellos indican que existe baja permeabilidad, en otras palabras, entre 10^{-5} y 10^{-6} cm/seg. Dichos valores indican que podría no ser necesario instalar una capa sintética impermeabilizante en el fondo del relleno. Sin embargo, la capa de basamento consiste de rocas meteorizadas y existen fisuras que permiten el movimiento de agua. Por lo tanto, se puede concluir que el fondo del relleno requerirá de una capa impermeabilizante sintética, aún cuando la capa superior muestre baja permeabilidad.

b.1.3 Agua Superficial

Calidad del Agua Superficial

La investigación de agua superficial fue realizada en ocho puntos en los alrededores del Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón. El cuerpo de agua más importante alrededor del sitio es el río Mocambo o Cárdenas, el que recibe efluentes desde el relleno y comunidades aledañas. Los muestreos de agua y medición de caudales fueron realizados entre Julio y Agosto del 2002.

El Cuadro K-88 presenta los resultados principales derivados de los análisis de laboratorio. Como lo muestra el cuadro, los resultados obtenidos son comparados con estándares de Florida, E.E.U.U. para agua superficial (uso recreativo, propagación y mantenimiento de una población balanceada de peces y fauna). Lo anterior fue hecho debido a que aunque Panamá tiene estándares para aguas residuales, aún no los tiene para evaluar la calidad de agua de cuerpos de agua natural.

La mayoría de los parámetros excedieron los estándares que se utilizaron como referencia, de lo que se puede inferir que, en términos generales, el agua superficial en el área tiene baja calidad. Es evidente que el agua superficial en el área ha sido impactada por la actividad humana, teniendo en cuenta que muestra considerable niveles de concentración de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno. Además, el trabajo de campo mostró que bajas cantidades de oxígeno disuelto, que son típicos de aguas contaminadas. Esto es especialmente cierto para la muestra del punto # 4 donde se obtuvieron niveles muy altos de DBO, DQO, coliformes fecales y fosfatos. Durante los trabajos de campo, se observó que el agua en este punto mostraba condiciones prácticamente anaeróbicas (oxígeno disuelto menor a 1 mg/L) y tenía apariencia lodosa y olores desagradables.

Las concentraciones de DBO en el área de estudio variaron entre < 1 mg/L hasta 30 mg/L; mientras que las concentraciones de DQO variaron entre 1 mg/L hasta 274.3 mg/L. Lo anterior indica que las aguas superficiales en el área de estudio reciben materia orgánica y desechos tanto animales como humanos.

En lo que se refiere a las concentraciones de metales pesados, algunos de los parámetros usados como criterio fueron superados, lo que lleva a inferir que las aguas superficiales en el área de estudio se encuentran moderadamente contaminadas por dichos elementos.

En resumen, las aguas superficiales en el área de estudio poseen baja calidad desde la perspectiva bacteriológica y de parámetros generales, tales como turbidez, oxígenos disueltos, y nutrientes. La contaminación debido a actividades humanas es evidente, lo que se refleja en los niveles de nutrientes (nitrógeno, fosfatos), los parámetros de materiales pesados y bacteriológicos (DBO, coliformes fecales, DQO). Debido a lo anterior, en términos generales, el agua superficial en el área de estudio no es adecuada para actividades recreativas, consumo humano o el mantenimiento de una población saludable de peces y vida silvestre.

Cuadro K-88: Resultados del Estudio sobre la Calidad del Agua Superficial

ANALISIS	Florida*	MUESTRAS DE AGUA SUPERFICIAL							
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
1. Acidez (mgCaCO ₃ /L)	---	18.4	4.1	4.1	< 1.0	12.2	12.2	18.4	< 1.0
2. Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	> 20	229.3	105.8	129.4	1070.2	168.6	126.4	131.3	65.7
3. Sólidos Suspendedos (mg/L)	----	< 1.0	< 1.0	< 1.0	85	20	< 1.0	8	30
4. Turbiedad (NTUFORMAZIN)	5.7	16.8	923	7.6	213	5.5	30.8	5.9	38.7
5. Nitrógeno amoniacal (mgNH ₃ /L)	<0.02	35.3	0.31	0.1	392	29.6	2.38	0.08	0.08
6. DBO ₅ (mg O ₂ /L)	a.	3.7	< 1.0	< 1.0	30	15.3	12	1.9	< 1.0
7. DQO (mg O ₂ /L)	a.	5	1	2	274.3	15	15	2	1
8. Aceites y grasas (mg/L)	<5.0	10	5	2	15	< 1.0	15	5	8
10. Fósforo total (mg P/L)	0.04	0.1	0.09	0.12	0.19	0.08	0.7	0.06	0.08
11. Cloruros (mg /L)	---	137	7	4	370	13	40	2	4
12. Nitrógeno orgánico (mg /L)	0.7	0.99	1.34	1.07	1.8	1.39	0.89	0.32	1.15
13. Coliformes Fecales (UFC/100ml)	800	1000	3000	2 x106	3x106	5 x104	1000	800	3000
14. Calcio (mg Ca/L)	---	100	17.5	20.5	94.3	25.4	57.3	18.8	9.1
15. Sodio (mg Na/L)	---	28.3	16.8	19	28.9	20.5	30.5	17.6	26
16. PCBs (mg/L)	---	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
17. Sílice (mg Si/L)	---	0.07	0.3	0.2	0.08	0.2	0.05	0.4	0.06
18. Cobre (mg Cu/L)	<0.012	< 0.05	0.06	<0.05	< 0.05	< 0.05	0.97	< 0.05	0.06
19. Manganeso (mg Mn/L)	---	1.5	<0.02	0.09	0.17	0.59	2.9	0.06	0.23
20. Hierro (mg Fe/L)	<1.0	2.1	0.05	0.3	2.2	0.35	6.4	0.17	2
21. Zinc (mg Zn/L)	<0.1	< 0.1	0.05	0.05	< 0.1	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.1
22. Arsénico (mg As/L)	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
23. Plomo (mg Pb/ L)	<0.003	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
24. Cadmio (mg Cd/L)	<0.001	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
25. Cromo Total (mg Cr _T /L)	---	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
26. Cromo (VI) (mg Cr ⁶⁺ /L)	<0.011	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
27. Bicarbonato (HCO ₃ ⁻ /L)	---	1.4	1.1	1	< 1.0	2.2	2.2	1.8	< 1.0
28. Cianuro (mg CN/L)	---	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
29. Mercurio (mg Hg)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02

* Florida, E.E.U.U. estándares 62-302.530, para agua superficial (uso recreativo, propagación y mantenimiento de una población balanceada de peces y vida silvestre)

Caudal

Los caudales fueron medidos en los mismos puntos donde se tomaron muestras de agua superficiales. Los caudales registrados variaron significativamente, se estimaron unos con magnitud pequeña y otros con caudal importante, tales como el río Mocambo. El caudal más bajo fue de 0.018 m³/min que se ubica en el punto de muestreo No. 1, mientras que el caudal mayor fue de 14.25 m³/min que se registró en el río Mocambo (punto No. 5). El Cuadro K-89 muestra los resultados de la medición de los caudales.

Cuadro K-89: Caudal del Agua Superficial

Punto de Muestreo	Caudal (m ³ /s)	Caudal (m ³ /min)
1	0.0003	0.018
2	0.0632	3.792
3	0.1699	10.194
4	0.0197	1.182
5	0.2375	14.250
6	0.1478	8.868
7	0.0254	1.524
8	0.1152	6.912

b.1.4 Agua Subterránea

Con el propósito tener una mejor idea sobre las condiciones del agua subterránea en el Sitio de Disposición Final de Cerro Patacón, se obtuvieron muestras de agua de 10 pozos, las cuales fueron analizadas en el campo y en un laboratorio de la universidad (Universidad Tecnológica de Panamá). Además, la investigación geológica permitió estimar la dirección del flujo del agua subterránea en el sitio.

Flujo del Agua Subterránea

De acuerdo con los análisis de las perforaciones, se estimó que el flujo de agua subterránea va de noroeste a sureste bajo el lecho del proyecto. El agua subterránea fluye por entre las fracturas de las rocas.

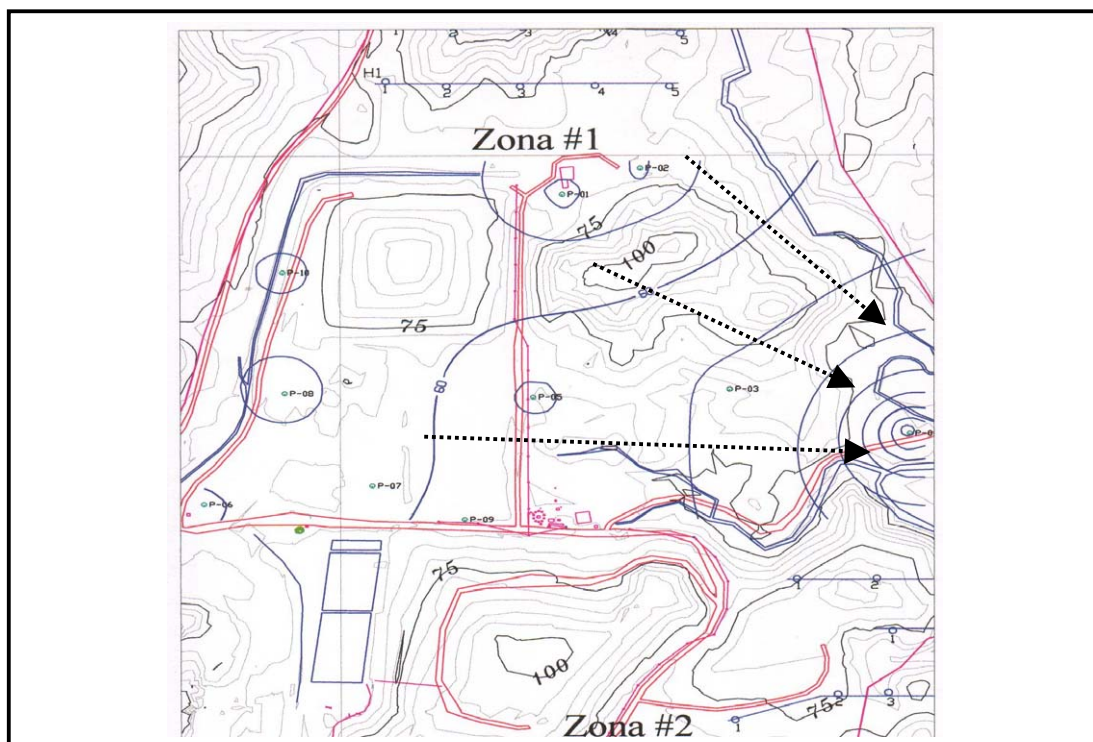


Figura K-57: Dirección del Flujo de Agua Subterránea

Calidad del Agua Subterránea

El Cuadro K-90 presenta los principales resultados del análisis de laboratorio sobre la calidad del agua subterránea. Comparado con la calidad del agua superficial en el área de estudio, se puede establecer que el agua subterránea tiene una composición similar al agua superficial, excepto en los parámetros que reflejan la calidad bacteriológica y algunos otros parámetros generales. Por ejemplo, los parámetros bacteriológicos analizados fueron detectados en menores concentraciones en las muestras de agua subterránea DBO (1.2-3.8 mg/L), DQO (1-34.3), y Coliformes Fecales (0- 8,000 UFC / 100 ml). No obstante, las concentraciones de sólidos en suspensión (4 – 8,584 mg/L) y de turbidez (0.94 – 3,110 NTU) fueron detectadas más altas en muestras de agua subterránea que en agua superficial. Esta situación no es común, teniendo en cuenta que típicamente el contenido de sólidos en suspensión es menor en aguas subterráneas. Lo anterior podría ser el resultado de muestras alteradas. La presencia de concentraciones de aceites (5 – 259 mg/L), que son relativamente altas para aguas subterráneas, es importante mencionarla también.

Debido a las razones antes mencionadas, se puede concluir que el agua subterránea que se encuentra más somera se encuentra contaminada principalmente por materia orgánica a niveles menores que las aguas superficiales y por aceites.