



# Plan de Rehabilitación

## Botadero Municipal de Cuevo

**\_2021\_**



**Proyecto  
Basura "0"**

**Gobierno Autónomo  
Municipal de Cuevo**



## Contenido

---

Contenido 2	
Índice de tablas.....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Gráficos .....	6
Índice de Imágenes.....	6
Índice de Anexos .....	7
PLAN DE REHABILITACION BOTADERO MUNICIPAL DE CUEVO .....	8
<b>1. Introducción. ....</b>	<b>8</b>
<b>2. Marco normativo. ....</b>	<b>10</b>
<b>3. Objetivos. ....</b>	<b>11</b>
3.1 Objetivo General.....	11
3.2 Objetivos específicos. ....	11
<b>4. Diagnóstico del sitio y área de influencia. ....</b>	<b>11</b>
4.1 Información General.....	12
4.1.1 Ubicación geográfica del botadero .....	12
4.1.2 Accesibilidad al sitio.....	12
4.1.3 Proximidad a centros poblados.....	13
4.1.4 Información sobre el sitio (activo o inactivo) .....	13
4.1.5 Años de Funcionamiento .....	13
4.1.6 Tipo y Composición de residuos sólidos dispuestos.....	13
4.1.7 Cantidad de residuos sólidos confinados diariamente y acumulados .....	15
4.1.8 Superficie del sitio .....	16
4.1.9 Derecho propietario .....	17
4.2 Características Geofísicas e Hidrogeológicas .....	17
4.2.1 Topografía (pendiente y relieve) .....	17
4.2.2 Edafología y Geología (Tipo y características del suelo) .....	19
4.2.3 Entorno geológico y perfiles del suelo .....	20
4.2.4 Climatología (Temperaturas, Precipitación Pluvial, Evapotranspiración, Vientos predominantes) .....	20
4.2.5 Presencia de aguas superficiales y subterráneas .....	22
4.2.6 Distancia a cuerpos y puntos de toma de agua para consumo humano .....	22
4.2.7 Profundidad de la napa freática .....	23
4.2.8 Zonas de inundación .....	23
4.2.9 Zonas de riesgo o fallas geológicas .....	24
4.2.10 Usos de suelo en el área de influencia .....	24
4.3 Características Ambientales.....	25
4.3.1 Impactos al suelo.....	25
4.3.2 Impactos al aire (Emisión de gases, quema de residuos) .....	26
4.3.3 Impactos agua .....	28
4.3.4 Impactos a la fauna y flora .....	29
4.3.5 Impactos al patrimonio natural y cultural .....	30



4.4	Características Socio-económicas y de Salud .....	30
4.4.1	Actividades socioeconómicas que se generan el área de influencia (Segregación y Crianza de animales) .....	30
4.4.2	Actividades socioeconómicas afectadas el área de influencia (Turismo, Paisaje, Patrimonio Cultural, Agricultura, etc.) .....	30
4.4.3	Grupos humanos potencialmente afectados (Familias de comunidades) .....	30
4.4.4	Afectación a la salud (Enfermedades, Presencia de vectores) .....	31
4.4.5	Existencia de otros servicios públicos instalados en el área de influencia .....	31
<b>5.</b>	<b>Evaluación y categorización del sitio. ....</b>	<b>31</b>
5.1	Metodología aplicada para la evaluación técnico - ambiental del botadero .....	31
5.2	Evaluación técnico - ambiental del botadero .....	32
5.2.1	Cumplimiento de requisitos para la ubicación de rellenos .....	35
<b>6.</b>	<b>Selección de la alternativa.....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>Proyecto técnico.....</b>	<b>39</b>
7.1	Actividades previas .....	39
7.1.1	Determinación del Derecho propietario .....	39
7.1.2	Difusión del cierre técnico del botadero .....	39
7.1.3	Trabajo social con segregadores de residuos sólidos.....	40
7.1.4	Construcción del cerco perimetral y puerta de acceso. ....	40
7.1.5	Caseta de vigilancia e implementación de ambiente para almacén de insumos. ....	41
7.1.6	Colocación de un letrero informativo .....	42
7.2	Cierre técnico .....	42
7.2.1	Excavación y traslado de los residuos dispersos a la celda de cierre construida para depositar estos residuos .....	42
7.2.1.1	Excavar y retirar los residuos.....	42
7.2.1.2	Excavar y retirar las tierras de la base.....	43
7.2.1.3	Muestrear y analizar el suelo de la base y paredes.....	43
7.2.1.4	Nivelar y compactar el área liberada de residuos. ....	43
7.2.1.5	Sembrar pasto o grama o vegetación propia del lugar. ....	43
7.2.2	Cierre técnico in situ y saneamiento .....	44
7.2.2.1	Habilitación de Vías de acceso .....	44
7.2.2.2	Instalación de servicios básicos .....	44
7.2.2.3	Construcción de sistema de Drenaje Pluvial.....	44
7.2.2.4	Sistema de captación, conducción y almacenamiento de lixiviados .....	45
7.2.2.5	Tratamiento de lixiviados .....	46
7.2.2.6	Sistemas de captación de biogás y quema o recuperación energética .....	46
7.2.2.7	Estabilización física del botadero.....	47
7.2.2.8	Corte y Transporte de Tierra .....	48
7.2.2.9	Cobertura Final de la Celda.....	48
7.2.2.10	Diseño de la red o pozos de monitoreo de aguas subterráneas .....	49
7.2.3	Programa de seguimiento (mantenimiento- Post -cierre) .....	50
7.2.3.1	Post - Cierre técnico .....	50
7.2.3.2	Mantenimiento de las obras de cierre técnico del botadero .....	50
7.2.3.2.1	Mantenimiento de las vías de circulación .....	51
7.2.3.2.2	Mantenimiento de la cobertura final .....	51
7.2.3.2.3	Mantenimiento de la cobertura vegetal en la celda .....	51
7.2.3.2.4	Mantenimiento de áreas verdes .....	51
7.2.3.2.5	Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas superficiales .....	51



7.2.3.2.6	Asentamiento en celdas .....	51
7.2.3.2.7	Adecuación y mantenimiento de taludes y banquinas .....	52
7.2.3.2.8	Mantenimiento del sistema de captación de lixiviados .....	52
7.2.3.2.9	Mantenimiento de piscinas o Geo tanque de almacenamiento de lixiviados.....	52
7.2.3.2.10	Mantenimiento del sistema de captación de biogás .....	52
7.2.4	Programa de Control y Monitoreo ambiental del botadero en cierre. ....	52
7.2.4.1	Actividades de monitoreo ambiental Post - Cierre Técnico .....	52
7.2.4.2	Programa de control y monitoreo ambiental .....	52
7.2.4.3	Monitoreo de aguas subterráneas: .....	54
7.2.4.4	Monitoreo de las aguas superficiales .....	54
7.2.4.5	Monitoreo de lixiviado .....	54
7.2.4.6	Monitoreo de Biogás .....	54
7.2.4.7	Monitoreo del Aire .....	55
7.2.4.8	Monitoreo del suelo .....	55
7.3	Relleno Sanitario .....	56
7.3.1	Cálculos preliminares.....	56
7.3.1.1	Proyección de la Población .....	56
7.3.1.1.1	Producción per cápita y generación total de residuos .....	56
7.3.1.1.2	Cálculo del Área del relleno sanitario .....	56
7.3.1.2	Estudio de caracterización de residuos solidos .....	56
7.3.1.3	Residuos aceptables en el relleno sanitario habilitado .....	58
7.3.1.4	Estudios de campo y Diseño.....	59
7.3.1.4.1	Estudio topográfico.....	59
7.3.1.4.2	Estudio geotécnico .....	60
7.3.1.4.3	Estudio geológico .....	62
7.3.1.4.4	Estudio Hidrológico.....	62
7.3.1.5	Diseño del relleno sanitario.....	63
7.3.1.5.1	Método de Construcción del relleno .....	63
7.3.1.5.2	Cálculo de capacidad Volumétrica de la celda .....	65
7.3.1.5.3	Diseño de la celda diaria .....	65
7.3.1.5.4	Habilitación de Vías de acceso .....	65
7.3.1.5.5	Diseño del sistema de Drenaje Pluvial.....	66
7.3.1.5.6	Lixiviados manejo y tratamiento .....	67
7.3.1.5.7	Gases manejo y tratamiento.....	70
7.3.1.6	Construcción del relleno Sanitario.....	71
7.3.1.6.1	Preparación del terreno para la construcción y operación del relleno sanitario. 71	
7.3.1.6.2	Construcción de la capa base.....	71
7.3.1.6.3	Uso de geo sintéticos .....	71
7.3.1.6.4	Seguridad y estabilidad del relleno sanitario.....	72
7.3.1.6.5	Sistema de colección de lixiviados.....	72
7.3.1.6.6	Sistema de Drenaje pasivo para gases del relleno sanitario.....	73
7.3.1.6.7	Obras complementarias .....	73
7.3.2	Programa de Control y Monitoreo ambiental del Relleno de Cuevo. ....	73
7.3.2.1	Monitoreo de las aguas superficiales .....	73
7.3.2.2	Monitoreo de aguas subterráneas .....	74
7.3.2.3	Monitoreo del sistema de captación conducción y tratamiento de lixiviado. ....	74
7.3.2.4	Control del Tratamiento de gases.....	75
7.3.2.5	Control durante la operación de las celdas.....	75
7.3.2.6	Control de Fuego .....	76
7.3.2.7	Control de Plagas.....	76
7.3.3	Cierre técnico del Relleno Sanitario de Cuevo.....	76



8.	Plan de Gestión Ambiental.....	77
9.	Recuperación del Sitio - Uso final del sitio .....	77
10.	Presupuesto.....	78
11.	Cronograma de Ejecución. ....	79
12.	Anexos .....	80
13.	Anexos de Planos.....	1

## Índice de tablas

Tabla 1.	Competencias relativas al cierre de Botaderos establecidas en la normativa vigente	10
Tabla 2.	Composición física de los residuos del municipio de Cuevo.....	14
Tabla 3.	Estimación del volumen diario de residuos en Cuevo .....	15
Tabla 4.	Generación diaria de residuos domiciliarios en Cuevo.....	16
Tabla 5.	Producción Per cápita municipal en Cuevo.....	16
Tabla 6.	Proyección del volumen almacenado en el Botadero de Cuevo .....	16
Tabla 7.	Datos de temperatura Promedio 1990- 2020 .....	20
Tabla 8.	Precipitación total mensual media 1990-2020 .....	21
Tabla 9.	Precipitación máxima en 24 horas 1990-2020.....	21
Tabla 10.	Evapotranspiración potencial mensual promedio 1990 -2020.....	21
Tabla 11.	Dirección predominante del viento promedio 1990 - 2020.....	21
Tabla 12.	Impactos ambientales al suelo del botadero de Cuevo .....	25
Tabla 13.	Índice de calidad de suelo del botadero de Cuevo .....	26
Tabla 14.	Impactos ambientales del Botadero de Cuevo sobre el aire .....	26
Tabla 15.	Concentración de PM10 y CH4 en el Botadero de Cuevo .....	27
Tabla 16.	Impactos ambientales del botadero de Cuevo sobre el agua .....	28
Tabla 17.	Resultados y categorías de calidad de agua Cuevo .....	28
Tabla 18.	Impactos ambientales del botadero de Cuevo sobre la fauna y flora.....	29
Tabla 19.	Índice de Biodiversidad del botadero de Cuevo .....	29
Tabla 20.	Evaluación o valoración de Impactos ambientales .....	32
Tabla 21.	Evaluación o Valoración de Impactos Ambientales según Actividades Socio Económicas y de Salud	34
Tabla 22.	Resumen de la evaluación de impactos ambientales .....	34
Tabla 23.	Criterios considerados de alto riesgo que deben ser considerados en la evaluación ..	35
Tabla 24.	Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios.....	35
Tabla 25.	Especificaciones obligatorias NB757.....	37
Tabla 26.	Construcción de la Capa Final .....	48
Tabla 27.	Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Subterráneas.....	54
Tabla 28.	Parámetros exigidos de monitoreo de biogás .....	54
Tabla 29.	Parámetros exigidos para el Monitoreo del Aire.....	55
Tabla 30.	Parámetros exigidos para el Monitoreo del Suelo .....	55
Tabla 31.	Proyección poblacional del Área urbana del Municipio de Cuevo .....	56
Tabla 32.	Generación de residuos sólidos domiciliarios .....	57
Tabla 33.	Generación total por fuente no domiciliarias.....	57
Tabla 34.	Estimación PPC no domiciliario .....	57
Tabla 35.	Resumen de la generación de residuos sólidos gestión 2020.....	57
Tabla 36.	Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Superficiales .....	73



## Índice de Figuras

---

Figura 1	Croquis de ubicación del Municipio de Cuevo .....	12
Figura 2	Calicata de exploración de nivel freático .....	23
Figura 3	Vista frontal del cerco.....	41
Figura 4	Ubicación de oficinas administrativas.....	41
Figura 5	Ubicación de la celda de Cierre y su acceso .....	44
Figura 6	Drenaje Pluvial .....	45
Figura 7	Captación conducción y almacenamiento de lixiviado.....	45
Figura 8	Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento y Tratamiento de lixiviados.....	46
Figura 9	Detalles técnicos para la construcción de Chimeneas .....	47
Figura 10	Conformación final de la Celda de Cierre .....	47
Figura 11	Estructura de la Cobertura final del botadero de Cuevo .....	49
Figura 12	Ubicación de las cuencas alrededor del Botadero.....	62
Figura 13	Ubicación de la cuenca del Botadero .....	63
Figura 14	Diseño CELDA 1 .....	63
Figura 15	Perfil de la celda de operación .....	64
Figura 16	Esquema de las instalaciones de la CELDA1 .....	64
Figura 17	Esquema de construcción de la celda método de Área .....	64
Figura 18	Esquema de la operación en celda diaria, franja y capa en el método trinchera .....	65
Figura 19	Plano de vías interno relleno sanitario de Cuevo .....	66
Figura 20	Cuneta de drenaje pluvial a nivel de coronamiento Celda en operación .....	66
Figura 21	Formación de lixiviados en un sitio de Disposición Final .....	67
Figura 22	Esquema del diseño de drenaje de lixiviados a nivel de desplante .....	68
Figura 23	Esquema de Diseño del drenaje intermedio de lixiviados .....	68
Figura 24	Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento de lixiviados .....	69
Figura 25	Esquema de recirculación de lixiviados.....	70
Figura 26	Ejemplo de la instalación de chimeneas.....	70
Figura 27	Detalles constructivos de las Chimeneas de Biogás .....	71
Figura 28	Paquete de impermeabilización empleado.....	72
Figura 29	Sistema de colección de lixiviados .....	72

## Índice de Gráficos

---

Grafico 1.	Composición Física de los residuos sólidos del Municipio de Cuevo.....	14
Grafico 2.	Balance hídrico de la estación Camiri aeropuerto (1990-2020) .....	22
Grafico 3.	Composición física de residuos solidos.....	58
Grafico 4.	Perfil de suelo y determinación de estratos y clasificación textural .....	61

## Índice de Imágenes

---

Imagen 1.	Análisis histórico de la operación del Botadero de Cuevo.....	13
Imagen 2.	Delimitación del Botadero y fotografía georreferenciada de Dron octubre 2021 .....	17
Imagen 3.	Paisaje general del área de emplazamiento del botadero de Cuevo .....	18
Imagen 4.	Modelo digital de Elevación Botadero de Cuevo octubre 2021 .....	19
Imagen 5.	Verificación de la inexistencia de zonas de inundación cercanas.....	24
Imagen 6.	Residuos que serán reubicados en la celda de cierre .....	43



Imagen 7. Ubicación recomendada para los pozos de monitoreo de aguas subterráneas .....	50
Imagen 8. Curvas de nivel cada 20 cm levantamiento octubre 2021 .....	60
Imagen 9. Modelo Digital de Elevación - Levantamiento octubre 2021 .....	60
Imagen 10. Ubicación sugerida para los pozos de monitoreo .....	74

## Índice de Anexos

---

ANEXO 1	INFORME GEOLOGICO GENERAL Y REGIONAL .....	80
ANEXO 2	PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA REHABILITACION DEL BOTADERO DE CUEVO ..	93
ANEXO 3	RESOLUCION ADMINISTRATIVA N° 016/2019 .....	100 101
ANEXO 4	Ubicación y Características de Calicatas Cuevo .....	102
ANEXO 5	INFORME DE PROCESAMIENTO .....	105



# PLAN DE REHABILITACION BOTADERO MUNICIPAL DE CUEVO

---

## 1. Introducción.

La gestión de residuos sólidos es un problema universal que afecta a todas las poblaciones del mundo, los gobiernos locales se encargan de la gestión de residuos, en medio de un conjunto de dificultades, como los impactos ambientales generados por la mala gestión de residuos, las limitaciones para encontrar sitios de tratamiento y disposición final de residuos y los altos costos de la gestión integral de residuos sólidos. Según el informe del Banco Mundial “Wat a Waste 2.0 Una instantánea global de la gestión de residuos sólidos hasta el 2050”<sup>1</sup>, se estima que para el 2050 la generación de residuos superara drásticamente el crecimiento poblacional en más dos veces, lo cual representa una preocupación mundial que requiere de medidas urgentes para encarar los futuros impactos ambientales económicos y sociales de este crecimiento.

La gestión integral de los residuos sólidos afecta a todos, sin embargo, los sectores más afectados son justamente los más vulnerables de la sociedad, quienes trabajan en condiciones inseguras de recolección de residuos, con profundas repercusiones en su salud.

En el 2016 el mundo genero 242 millones de toneladas de desechos plásticos, equivalentes al 12 por ciento de todos los residuos municipales. Gran parte de estos residuos continúan asfixiando los océanos mientras el consumo de plásticos se sigue incrementando. El impacto ambiental de los residuos también se mide a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero, se calcula que, en el 2016, 1.600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-equivalente), se generaron a partir de la gestión de residuos sólidos, este volumen representa aproximadamente el 5% de las emisiones del mundo.

Adicionalmente a estos problemas es fundamental considerar que la gestión de residuos sólidos en el mundo resulta ser una partida presupuestaria muy alta, la mayoría de los municipios en países de bajos ingresos gastan alrededor del 20 % de sus presupuestos en la gestión de sus residuos, sin embargo, el 90 % de los residuos de países de bajos ingresos se depositan en botaderos a cielo abierto y se queman abiertamente. A medida que las ciudades crecen rápidamente, requieren desesperadamente sistemas para gestionar sus residuos.

La situación en el país no es diferente ya que las tasas de crecimiento de la generación de residuos son mayores a las tasas de crecimiento poblacional y se estima que la generación de residuos a nivel nacional es mayor a las 6475 tn/día<sup>2</sup>, de las cuales solo el 4 % es reciclado, el resto es dispuesto en los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto de nuestro país.

Esta metodología de disposición final de residuos aplicada, genera impactos ambientales en aire, agua, suelo y biodiversidad de los sitios donde se encuentra ubicados, por lo que

---

<sup>1</sup> World Bank Group: “Wat a Waste 2.0 A global snapshot of solid waste management to 2050” (2018)

<sup>2</sup> MMAyA Planificación Nacional para el Cierre Técnico de Botaderos en el Estado Plurinacional de Bolivia 2021



presentan el rechazo de los pobladores colindantes, dificultando en gran medida la gestión de los residuos con permanentes bloqueos a los sitios de disposición final.

Por otro lado, al igual que en otros países del mundo, el reciclaje de residuos se basa en sistemas informales de recolección y acopio, donde sectores de la población más vulnerable, trabaja en condiciones inseguras para su salud.

Asimismo, la responsabilidad por la gestión de los residuos sólidos es asignada por competencia a los gobiernos municipales, los cuales tiene que encarar los altos costos de la gestión de residuos viéndose obligados a subvencionar los servicios en porcentajes muy altos, que van desde un 50 al 100 % de los costos, especialmente en municipios pequeños.

En este contexto, las políticas de estado expresadas en la normativa vigente, han determinado en la disposición transitoria segunda de la Ley N° 755 aprobada el 28 de octubre de 2015, en la cual se instituye: “Los botaderos y áreas contaminadas por residuos deben ingresar a procesos de clausura cierre técnico y saneamiento ambiental, en cumplimiento con la normativa vigente y protección a la salud, en un plazo máximo de cinco (5) años, de acuerdo a la planificación que emita el Ministerio cabeza de sector...”. Para este fin, el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Ley No. 755, en su artículo 76 (Clausura, Cierre técnico y Saneamiento Ambiental de Botaderos), establece los lineamientos y responsabilidades de los municipios para desarrollar los planes de cierre de Botaderos, especificando los siguiente:

- *I. La clausura, cierre técnico y saneamiento ambiental de botaderos, debe realizarse de acuerdo a normativa técnica vigente emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.*
- *II. El mantenimiento y control de los botaderos cerrados debe realizarse durante los siguientes diez (10) años como mínimo, a partir de la fecha oficial del cierre.*
- *III. Los Gobiernos Autónomos Departamentales, deben realizar el control y la evaluación de cumplimiento de los procesos de clausura, cierre técnico y saneamiento ambiental, debiendo registrar en el SIGIR, la información generada por las acciones realizadas.*

A un poco más de cinco años de la promulgación de la Ley 755, el gobierno nacional, mediante Resolución Ministerial N.º 269, de fecha 28 de mayo de 2021, ha aprobado la “Planificación Nacional para el Cierre Técnico de Botaderos en el Estado Plurinacional de Bolivia”, estableciendo lineamientos para que los botaderos y áreas contaminadas por residuos ingresen a procesos de clausura cierre técnico y saneamiento ambiental o rehabilitación, en un plazo máximo de 5 años, a partir del 18 de mayo de la presente gestión.

En función de esta planificación, el municipio de Cuevo, ha iniciado el proceso de planificación del Cierre técnico de su botadero, en cumplimiento estricto de la normativa vigente, cabe destacar que actualmente el municipio de Cuevo cuenta con una población de 5358 habitantes<sup>3</sup>, la generación anual de sus residuos alcanza a un total de 653,511 Ton/año, con una generación per cápita de PPC=0,500 kg/Hab/día<sup>4</sup>, actualmente los residuos recolectados son dispuestos en su botadero y se requiere de rehabilitar el sitio del botadero, para dar continuidad a la gestión de sus residuos, cumpliendo los lineamientos establecidos en la normativa vigente.

Según lo establecido en la Planificación Nacional para el Cierre técnico de Botaderos en el estado plurinacional de Bolivia 2021, el Botadero de Cuevo es clasificado como Botadero de

<sup>3</sup> INE: Bolivia: proyecciones de población, según departamento y municipio, 2012-2022.

<sup>4</sup> GA HOOLE SRL - “Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo”, Gestión 2020



Tipo C, (Botadero a cielo abierto de áreas urbanas menores con poblaciones entre 2.000 a 10.000 habitantes), dicho documento establece que para el cierre o rehabilitación del lugar a Relleno sanitario, se deben considerar los aspectos detallados en la Guía para el Cierre técnico de Botaderos y la Guía para el Diseño, construcción, operación y Cierre de rellenos sanitarios, documentos que son la base de la elaboración del presente Plan de rehabilitación.

## 2. Marco normativo.

El marco normativo para la elaboración del Plan de Cierre Técnico del Botadero de Cuevo, toma como base los preceptos señalados en la Ley N° 755 de Gestión de Residuos y su Reglamento. Así mismo, se apoya en las políticas establecidas por la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, la Ley N° 1333 del Medio Ambiente, la Ley N° 031 Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez” y la Ley N° 071 Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien. El detalle de las competencias establecidas en dichas normas es el siguiente

**Tabla 1. Competencias relativas al cierre de Botaderos establecidas en la normativa vigente**

Normativa	Descripción
Constitución del Estado Plurinacional de Bolivia	<p><b>Competencias concurrentes - nivel central del Estado y entidades territoriales autónomas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Preservar, conservar y contribuir a la protección del medio ambiente y fauna silvestre manteniendo el equilibrio ecológico y el control de la contaminación ambiental.</li> <li>• Residuos industriales y peligrosos.</li> <li>• Proyectos de agua potable y tratamiento de residuos sólidos.</li> </ul> <p><b>Competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preservar, conservar y contribuir a la protección del medio ambiente y recursos naturales, fauna silvestre y animales domésticos.</li> <li>• Elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial y de uso de suelos, en coordinación con los planes del nivel central del Estado, departamental e indígena.</li> <li>• 27. Aseo urbano, manejo y tratamiento de residuos sólidos en el marco de la política del Estado.</li> </ul>
2.3 Ley 031 Marco de Autonomías y Descentralización “Andrés Ibáñez”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nivel Central del Estado:</b> Fomentar el régimen y las políticas para el tratamiento de residuos sólidos, industriales y tóxicos.</li> <li>• <b>Gobiernos autónomos departamentales:</b> Reglamentar y ejecutar, en su jurisdicción, el régimen y las políticas de residuos sólidos, industriales y tóxicos aprobadas por el nivel central del Estado.</li> <li>• <b>Gobiernos autónomos municipales:</b> Reglamentar y ejecutar el régimen y las políticas de residuos sólidos, industriales y tóxicos, en su jurisdicción.</li> </ul>



Ley N° 071 de Derechos de la Madre Tierra	<ul style="list-style-type: none"><li>• En su Artículo 7 “Derechos de la Madre Tierra”, establece en su inciso 7 <b>“A vivir libre de contaminación: Es el derecho a la preservación de la Madre Tierra de contaminación de cualquiera de sus componentes, así como de residuos tóxicos y radioactivos generados por las actividades.”</b></li></ul>
2.5 Ley N° 300 de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien	<ul style="list-style-type: none"><li>• Promover la transformación de los patrones de producción y hábitos de consumo en el país y la recuperación y reutilización de los materiales y energías contenidos en los residuos, bajo un enfoque de gestión cíclica de los mismos.</li><li>• Desarrollar mecanismos institucionales, técnicos y legales de prevención, disminución y reducción de la generación de los residuos, su utilización, reciclaje tratamiento, disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco del Artículo 299 parágrafo II numerales 8 y 9 de la Constitución Política del Estado.</li><li>• Garantizar el manejo y tratamiento de residuos de acuerdo a Ley específica.</li><li>• 4. Desarrollar acciones educativas sobre la gestión de residuos en sus diferentes actividades para la concienciación de la población boliviana.</li></ul>

Los instrumentos técnicos empleados para la elaboración del presente plan son:

1. Guía para el Cierre Técnico de Botaderos MMAyA, 2012
2. Guía para el Diseño Construcción y Operación y Cierre de rellenos sanitarios MMAyA, 2012
3. Planificación Nacional para el Cierre Técnico de Botaderos en el Estado Plurinacional de Bolivia MMAyA, 2021
4. NB 757 Medio Ambiente -Características que deben reunir los sitios para ubicar sistemas de disposición final de residuos sólidos municipales, 1996.

### 3. Objetivos.

El Plan de Cierre técnico del Botadero de Cuevo tiene los siguientes objetivos:

#### 3.1 Objetivo General.

- 1) Rehabilitar el Botadero de Cuevo, implementado las medidas técnicas necesarias que permitan su transformación en un relleno sanitario que cumple los lineamientos establecidos en la Planificación nacional para el cierre de botaderos y la normativa vigente.

#### 3.2 Objetivos específicos.

- 1) Desarrollar un proyecto técnico para el cierre y saneamiento ambiental del sector que funcione como botadero
- 2) Desarrollar el proyecto técnico para Rehabilitar el botadero como relleno sanitario, implementando infraestructura recomendada para su operación e incluyendo las medidas necesarias para la reducción de impactos ambientales durante las etapas de implementación operación cierre y mantenimiento.

### 4. Diagnóstico del sitio y área de influencia.

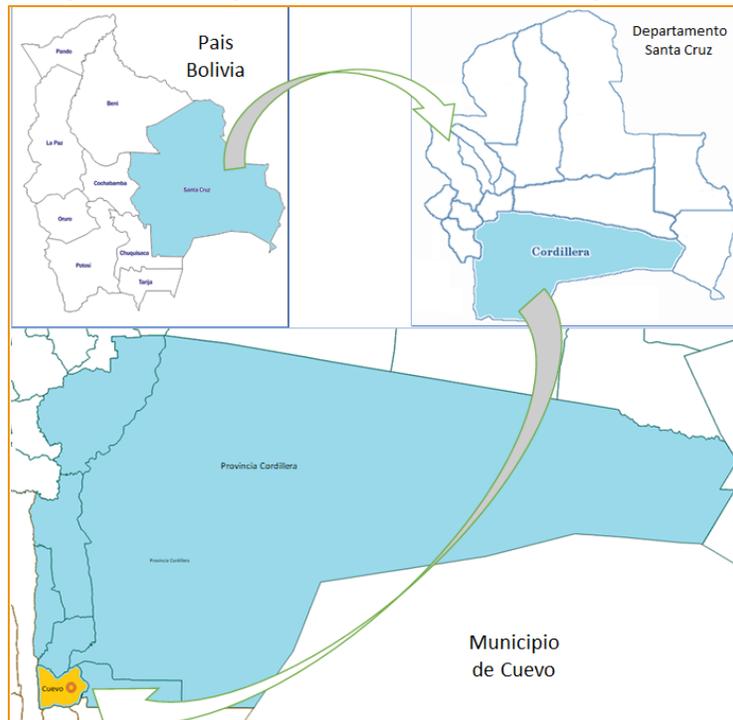


## 4.1 Información General

### 4.1.1 Ubicación geográfica del botadero

El municipio de Cuevo, se encuentra ubicado en la provincia Cordillera del departamento de Santa Cruz de acuerdo al siguiente croquis de ubicación.

Figura 1 Croquis de ubicación del Municipio de Cuevo



Fuente: Elaboración Propia

El Botadero municipal de Cuevo se encuentra ubicado al Este del poblado de Cuevo en las siguientes coordenadas:

Zona	20 K
Coordenada Este	447017.79 m E
Coordenada Norte	7737961.24 m S

### 4.1.2 Accesibilidad al sitio

Para acceder al Botadero municipal de Cuevo se deben recorrer 1,27 km. desde el centro del poblado de Cuevo hasta el sitio del Botadero, a través de un camino vecinal de tierra estable.



El acceso al Municipio se inicia en un punto intermedio del camino troncal que vincula las poblaciones Camiri y Villamontes.

#### 4.1.3 Proximidad a centros poblados

El centro poblado más próximo al Botadero de Cuevo es el Poblado de Cuevo, la distancia del centro del poblado al botadero es de 1,250 m y considerando el límite de la mancha urbana se encuentra ubicado a 616 m de dicho límite.

#### 4.1.4 Información sobre el sitio (activo o inactivo)

El Botadero municipal de Cuevo actualmente se encuentra ACTIVO

#### 4.1.5 Años de Funcionamiento

El Botadero Municipal de Cuevo ha iniciado con la disposición de residuos en la gestión 2010, a la fecha tiene 11 años de funcionamiento.

A continuación, se muestra un análisis histórico de sitio del botadero de Cuevo que muestra la secuencia de la disposición final de residuos en el botadero

**Imagen 1. Análisis histórico de la operación del Botadero de Cuevo**



Fuente: Elaboración propia en base a Imágenes históricas de Google Heart y Vuelo de Dron - octubre 2021

Como se puede observar en las imágenes el botadero de Cuevo hasta antes de la gestión 2018, funciono en trincheras, las cuales también fueron reportadas por el personal encargado del Gobierno del municipal, posteriormente en los últimos 3 años se habría incrementado sustancialmente.

El botadero se encuentra cerca de un rio en su colindancia Sur, y requiere de implementación de medidas de ingeniería para evitar generar impactos ambientales.

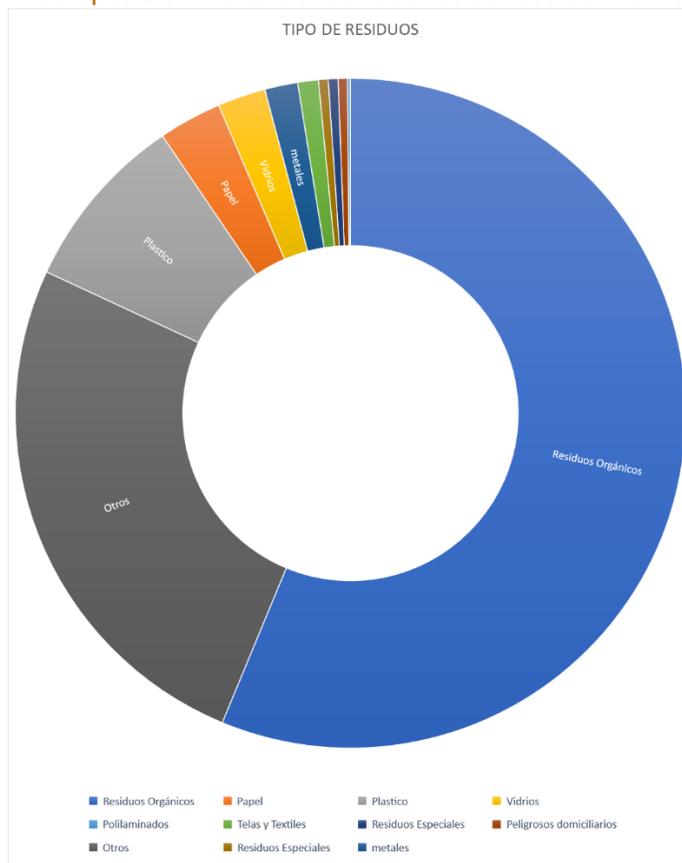
#### 4.1.6 Tipo y Composición de residuos sólidos dispuestos

La composición de los residuos generados en el área urbana del municipio de Cuevo, se ha obtenido a través de la Caracterización de Residuos Sólidos realizada para el Diagnostico



Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo, el detalle de los residuos generado y las posibilidades para su aprovechamiento se describen en la siguiente figura.

Grafico 1. Composición Física de los residuos sólidos del Municipio de Cuevo



Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo<sup>5</sup>

El detalle de la composición física de los residuos según la caracterización realizada es el siguiente:

Tabla 2. Composición física de los residuos del municipio de Cuevo

GRUPO	DESCRIPCION	CUEVO	% AGRUPADO	TIPO RESIDUO
Residuos Orgánicos	ORGÁNICOS	55,10%		ORGANICO APROVECHABLE
	RESTOS DE JARDINERÍA	0,54%		ORGANICO APROVECHABLE
	HUESO	0,77%	56,51%	NO APROVECHABLE
	MADERA	0,10%		NO APROVECHABLE
Plástico	POLIETILENO TEREFALATO PET	2,39%		RECICLABLES
	POLIETILENO BAJA DENSIDAD	2,33%		RECICLABLES
	POLIETILENO ALTA DENSIDAD	1,10%		RECICLABLES
	POLIPROPILENO	0,32%	8,63%	RECICLABLES
	OTRO TIPO DE PLASTICOS	2,49%		NO APROVECHABLE
Vidrios	VIDRIO TRANSPARENTE	0,81%		RECICLABLES
	VIDRIO AMBAR	0,60%		RECICLABLES
	VIDRIO VERDE	0,22%	2,33%	RECICLABLES
	VIDRIO PLANO	0,32%		NO APROVECHABLE
	VIDRIO DE COLOR	0,38%		NO APROVECHABLE

<sup>5</sup> GA HOOLE SRL - "Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo", Gestión 2020.



GRUPO	DESCRIPCION	CUEV O	% AGRUPADO	TIPO RESIDUO	
Papel	PAPEL BLANCO	1,04%		RECICLABLES	
	PAPEL PERIODICO Y REVISTAS	0,31%		RECICLABLES	
	PAPEL DE COLOR	0,12%	3,06%	RECICLABLES	
	CARTON	1,58%		RECICLABLES	
Metales	LATAS DE ALUMINIO	0,25%		RECICLABLES	
	METALES NO FERROSOS	0,44%		NO APROVECHABLE	
	METALES FERROSOS	0,92%	1,60%	RECICLABLES	
Telas y Textiles	TEXTILES	0,97%		RECICLABLES	
	ALGODÓN	0,00%		NO APROVECHABLE	
	FIBRAS SINTÉTICAS	0,03%	1,00%	NO APROVECHABLE	
Peligrosos domiciliarios	PILAS Y BATERIAS	0,25%	0,45%	PELIGROSOS	
	RESIDUOS BIOINFECCIOSOS	0,20%		PELIGROSOS	
Residuos Especiales	RESIDUOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	0,47%	0,47%	ESPECIALES	
Poli laminados	TETRA BRIK	0,15%	0,15%	RECICLABLES	
Otros	CUERO	0,47%		NO APROVECHABLE	
	GOMA	0,70%		NO APROVECHABLE	
	PAÑALES DESECHABLES	4,83%		NO APROVECHABLE	
	ÁRIDOS, LOZA Y CERÁMICA	0,64%		NO APROVECHABLE	
	LATAS DE PINTURA	0,21%		NO APROVECHABLE	
	HECES FECALES	2,21%		NO APROVECHABLE	
	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Y ESCOMBROS	0,79%		NO APROVECHABLE	
	ENVASES PRODUCTOS LIMPIOS DE AGROQUÍMICOS	0,05%		NO APROVECHABLE	
	RESIDUOS FINOS	12,57%	25,81%	NO APROVECHABLE	
	OTROS	3,37%		NO APROVECHABLE	
	TOTAL		100,00%	100,00%	

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo<sup>6</sup>

#### 4.1.7 Cantidad de residuos sólidos confinados diariamente y acumulados

En el municipio de Cuevo, se recoge 1 vez por semana los miércoles, en volqueta de 6 cubos, la recolección de residuos se realiza una vez a la semana normalmente se realizan 5 viajes y cuando existe mucha basura se hace hasta 7 viajes especialmente en periodo de fiestas.

El volumen recolectado es de aproximadamente 5 m<sup>3</sup>, recolectando en promedio 30 m<sup>3</sup> por semana, y 4,3 m<sup>3</sup> diarios, si se considera una densidad de residuos recolectados de 0.25 tn/m<sup>3</sup>, se puede estimar una generación diaria de 1.07 tn/día.

Tabla 3. Estimación del volumen diario de residuos en Cuevo

DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	VIAJES /DIA	VOL/VIAJE	VOL/DIA	DIAS/ SEM	VOL/SE MANA	VOL / DIARIO	DENSI-DAD TN/M3	GENERA-CION MEDIA TN/DIA
1 VEZ/SEMANA 5 A 7 VIAJES	6	5,01	30,08	1,00	30,08	4,30	0,25	1,07
PROMEDIO 6 VIAJES								

Fuente Elaboración Propia

Asimismo, el Diagnóstico territorial del Chaco Cruceño - Municipio de Cuevo, realizo la caracterización de residuos del municipio y determino una generación diaria de 1.79 Tn/día:

<sup>6</sup> GA HOOLE SRL - “Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo”, Gestión 2020.



**Tabla 4. Generación diaria de residuos domiciliarios en Cuevo**

MUNICIPIO	GEN. DIARIA (KG/DIA)	GEN. DIARIA (TON/DIA)	GEN. SEMANAL (TON/SEMANA)	GEN. ANUAL (TON/AÑO)
<b>TOTAL</b>	<b>1.790,44</b>	<b>1,79</b>	<b>12,53</b>	<b>653,51</b>

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo<sup>7</sup>

En el estudio de caracterización también se ha estimado que la generación No domiciliaria, equivale al 15% del total de los residuos, obteniendo una producción per cápita municipal de 0.5 Kg/Hab.día

**Tabla 5. Producción Per cápita municipal en Cuevo**

GENERACION	GENERACION DIARIA	GENERACION TOTAL (KG/DIA)	POBLACION URBANA	PPCM (KG/HAB.DIA)
<b>GENERACION DOMICILIARIA</b>	1.522,35	1.790,44	3.582	0,500
<b>GENERACION NO DOMICILIARIA</b>	268,09			

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo<sup>8</sup>

En función la generación diaria de residuos (1,79 Tn/día), y considerando los 11 años de operación del botadero, se ha realizado una estimación de la generación pasada considerando 3% de incremento anual, con dicha tasa negativa se ha estimado lo siguiente:

**Tabla 6. Proyección del volumen almacenado en el Botadero de Cuevo**

TOTAL ACUMULADO ACTUAL	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
<b>6.667,6</b>	653,4	633,7	614,7	596,3	578,4	561,1	544,2	527,9	512,1	496,7	481,8	467,3

Fuente Elaboración Propia

El volumen acumulado estimado en el Botadero de Cuevo a la fecha es de 6.667,6 Tn.

#### 4.1.8 Superficie del sitio

De acuerdo al levantamiento topográfico realizado en la gestión 2020, el área ocupada por el botadero, alcanza una superficie de 0,97 ha.

<sup>7</sup> GA HOOLE SRL - "Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo", Gestión 2020.

<sup>8</sup> GA HOOLE SRL - "Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo", Gestión 2020.



**Imagen 2. Delimitación del Botadero y fotografía georreferenciada de Dron octubre 2021**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.9 Derecho propietario**

El Derecho propietario del predio aún no ha sido perfeccionado y no se tienen avances con relación a este tema.

## **4.2 Características Geofísicas e Hidrogeológicas**

### **4.2.1 Topografía (pendiente y relieve)**

Cuevo es un municipio ubicado en la provincia Cordillera dentro del Departamento de Santa Cruz, cerca al límite con el departamento de Chuquisaca.



Imagen 3. Paisaje general del área de emplazamiento del botadero de Cuevo



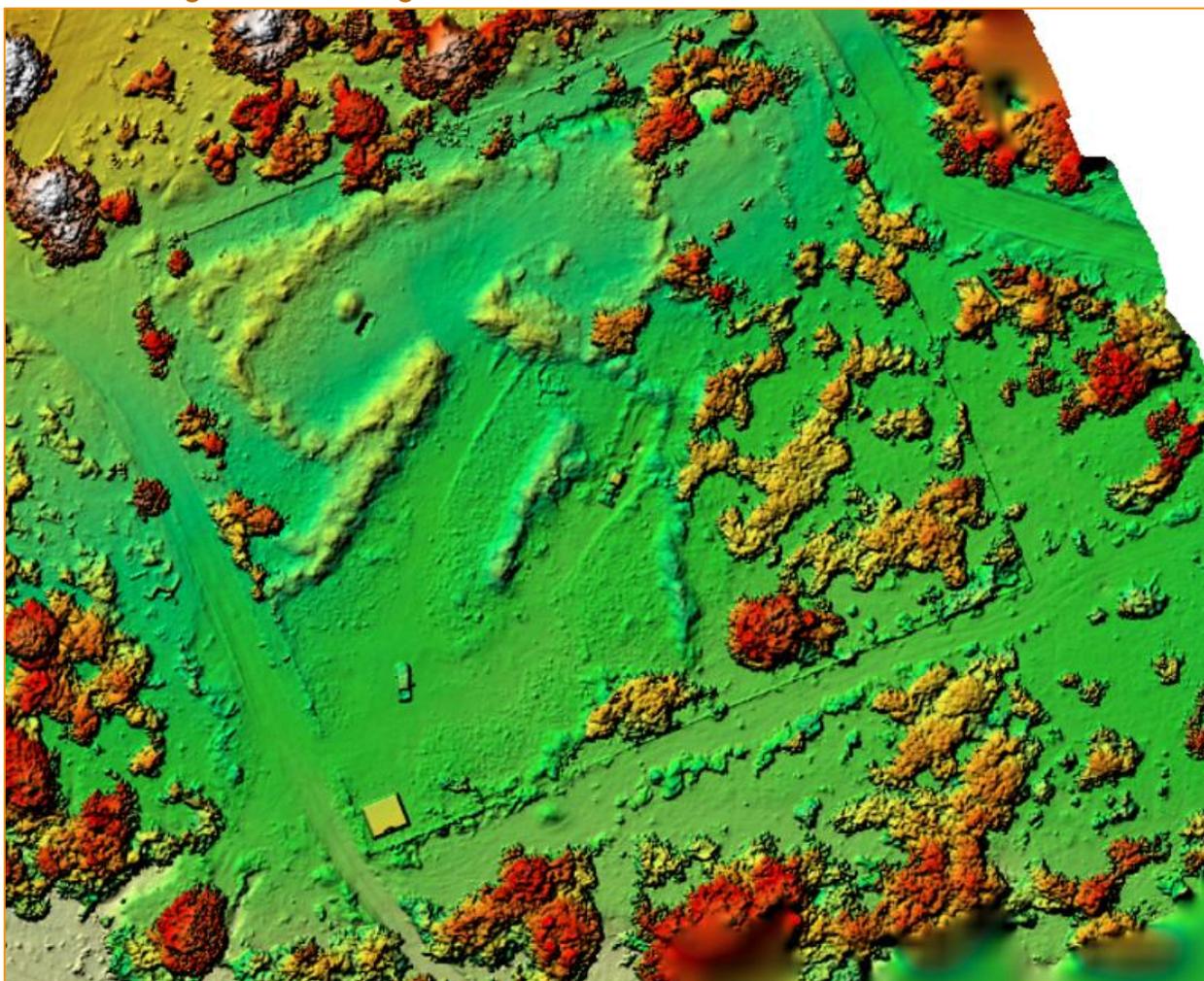
Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Heart

El actual botadero se encuentra en un área de Transición, esta área de Transición está constituida por paisajes de pie de monte, sus elevaciones van desde los 700 m.s.n.m. hasta los 900 m.s.n.m., son paisajes de terrazas y estribaciones de la faja subandina que forman paisajes colinosos y valles coluvio aluviales.

Respecto a la pendiente en base al vuelo de dron realizado con un Phantom 4 Pro se ha realizado el procesamiento de información mediante el programa AGISOFT obteniendo el Modelo Digital de Elevación del Botadero de Cuevo



Imagen 4. Modelo digital de Elevación Botadero de Cuevo octubre 2021



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2 Edafología y Geología (Tipo y características del suelo)

De acuerdo al Informe geológico General y Regional del Diagnostico técnico ambiental del Botadero de Cuevo,<sup>9</sup> los suelos que presenta el área de estudio son de tipo franco arcilloso, se pueden diferenciar horizontes fértiles (capa arable) de 15 a 25 cm de profundidad, estos suelos reciben aportes de humedad y nutrientes por los escurrimientos de las partes altas de las faldas de las serranías, estas pequeñas superficies son utilizadas para la agricultura. El Área de Transición presenta suelos con una fertilidad moderada, solamente el fósforo (P) es bajo en algunos lugares, el nitrógeno (N) y potasio (K) son altos a moderados. La presencia de minerales primarios en la fracción arena y el dominio de illita en las arcillas aseguran la provisión continua de cationes intercambiables al suelo, consecuentemente mantienen el

<sup>9</sup> ROBERTY CORP. ENGINEER ING MSK-SRL -“Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Cuevo “(Gestión 2020)



estado nutricional en forma permanentemente. Esta zona pertenece a la unidad ecológica denominada bosque seco templado.

Por lo tanto, este tipo de suelo en el que se encuentra emplazado el botadero de Cuevo es considerado un suelo joven por el poco desarrollo pedogenético, este suelo posee baja permeabilidad ya que la presencia elevada de arcilla lo convierte en un suelo de poca capacidad de infiltración.

#### 4.2.3 Entorno geológico y perfiles del suelo

El poblado de Cuevo, consecuentemente el botadero, se encuentran en la faja Sub Andina del Periodo Paleógeno - Neógeno, donde se puede apreciar Areniscas, lentes de conglomerados, lutitas y limolitas.

Desde el punto de vista geológico, la zona abarcada por el proyecto se encuentra localizada en la transición entre dos grandes unidades morfoestructurales: Faja Subandina y Llanura Chaco-Beniana.

En el Anexo N° 1, se presenta el informe Geológico General y Regional del Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Cuevo.

#### 4.2.4 Climatología (Temperaturas, Precipitación Pluvial, Evapotranspiración, Vientos predominantes)

El municipio de Cuevo no cuenta con una estación climática propia, por lo cual para el análisis climático se toma como referencia la información disponible de la estación climática del aeropuerto del municipio de Camiri, publicada por el SISMET - SENAMHI<sup>10</sup> la información existente abarca desde las gestiones 1996 a la gestión 2020, sin embargo, para dadas las características del cambio climático, el análisis de datos se realizó solamente de los últimos 30 años (1990 - 2020).

- **Temperatura.**

Los datos de temperatura referenciales para el municipio de Cuevo son los siguientes:

Tabla 7. Datos de temperatura Promedio 1990- 2020

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura media °C	25,48	24,66	23,9	21,76	18,79	17,19	16,69	19,05	21,7	24,58	25,13	25,47	22,01
Temperatura máxima °C	31,7	30,29	29,47	27,14	24,21	23,68	24,32	27,81	29,94	31,7	31,89	31,7	28,6
Temperatura mínima °C	19,28	19,07	18,37	16,39	13,38	10,73	9,16	10,37	13,51	17,48	18,37	19,25	15,44

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI Estación Camiri Aeropuerto

<sup>10</sup> SISMET - SENAMHI- Base de datos oficial del SENAMHI desde el 23 de marzo de 2004



La temperatura media anual es de 22.01 °C, la máxima media es de 28.60 °C y la mínima media es de 15.44 °C. Las temperaturas más altas se registran entre los meses de octubre a febrero y las más bajas entre los meses de junio y agosto.

- **Precipitación Pluvial**

La precipitación mensual y anual Total de los últimos 30 años se describe en el siguiente cuadro:

**Tabla 8. Precipitación total mensual media 1990-2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPITACION MENSUAL	130,87	128,54	114,03	54,68	20,29	9,16	6,50	3,98	16,14	39,10	60,06	145,94	729,29

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

Considerando los últimos 30 años la precipitación anual media alcanza a un valor de 729 mm, los meses con mayor precipitación van de diciembre a marzo y los meses más secos de junio a agosto, según los registros del SENAMHI,

**Tabla 9. Precipitación máxima en 24 horas 1990-2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMA MENSUAL DIARIA	105,3	76,2	136,4	73,1	28,7	11,1	22	10,8	134,8	79	30	161,4

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

la precipitación máxima de los últimos 30 años se ha presentado en el mes de diciembre de 1992, con una precipitación que alcanzó los 161 mm en un día.

- **Evapotranspiración potencial**

La Evaporación Potencial promedio mensual calculada en base a información del SIMET SENAMHI, es la siguiente

**Tabla 10. Evapotranspiración potencial mensual promedio 1990 -2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
ETP MENSUAL	140,32	113,52	106,46	82,50	66,10	59,64	72,54	100,26	126,14	147,37	150,55	148,02	1313,42

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

Los meses con mayor Evapotranspiración Potencial van de octubre a enero y los meses con menor evapotranspiración potencial son mayo junio y julio.

- **Vientos predominantes**

Respecto a lo vientos predominantes durante los meses de octubre a junio la dirección predominante es Norte y solamente en los meses de julio a septiembre la dirección predominante es la Dirección Sur.

**Tabla 11. Dirección predominante del viento promedio 1990 - 2020**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIRECCION PRED.	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N	N	N

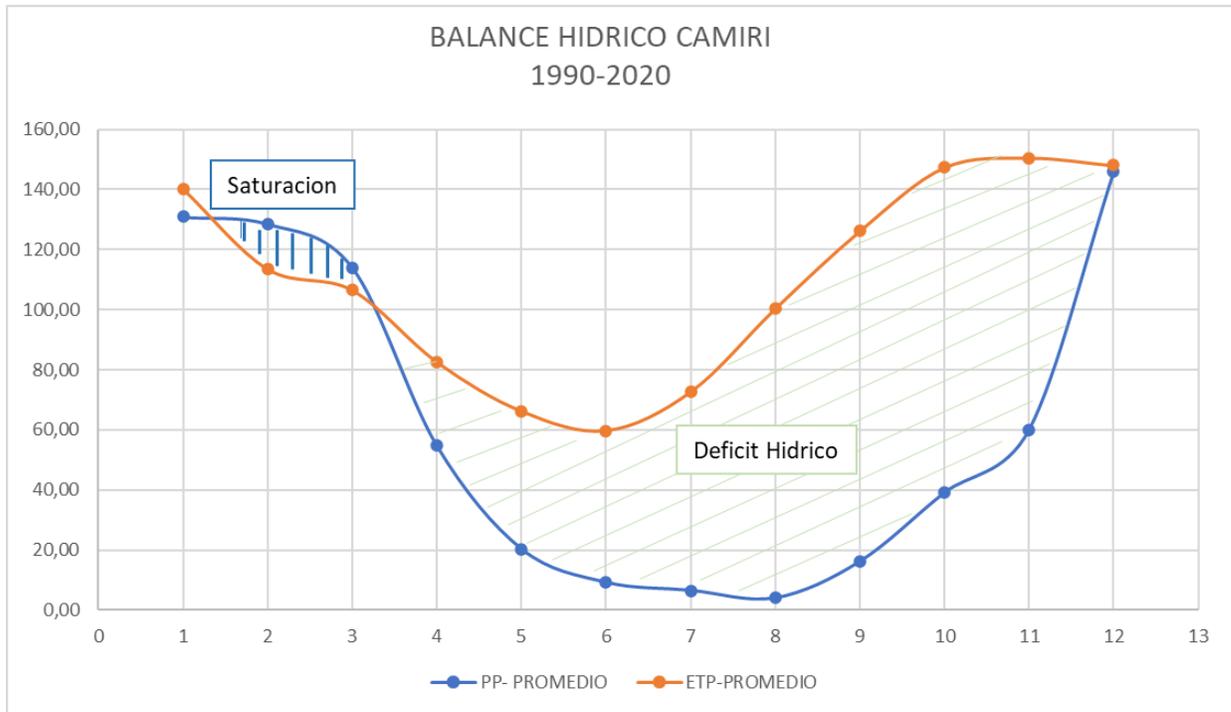
Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

- **Balance hídrico**



En función de la información de precipitación y evapotranspiración potencial se ha graficado el siguiente balance hídrico:

Grafico 2. Balance hídrico de la estación Camiri aeropuerto (1990-2020)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SISMET - SENAMHI

#### 4.2.5 Presencia de aguas superficiales y subterráneas

A 60 metros al sur del botadero, se encuentra ubicada la quebrada Camatindy, la cual se constituye en un lecho de un Río temporal que se activa en periodo de lluvias.

Con relación a las aguas subterráneas según el Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Cuevo (Gestión 2020)<sup>11</sup>, el nivel de las aguas subterráneas estaría ubicado a aproximadamente 23 metros de la superficie, para verificar la presencia de la napa freática, se realizó una exploración donde no se pudo encontrar el nivel freático en el área del Botadero hasta los 3,3 m de la superficie.

#### 4.2.6 Distancia a cuerpos y puntos de toma de agua para consumo humano

No se tienen referencias de puntos de toma de agua para consumo humano cercanos al Botadero, al no existir asentamientos cercanos al botadero.

<sup>11</sup> ROBERTY CORP. ENGINEER ING MSK-SRL -“Diagnostico Técnico Ambiental del Botadero de Cuevo “(Gestión 2020)

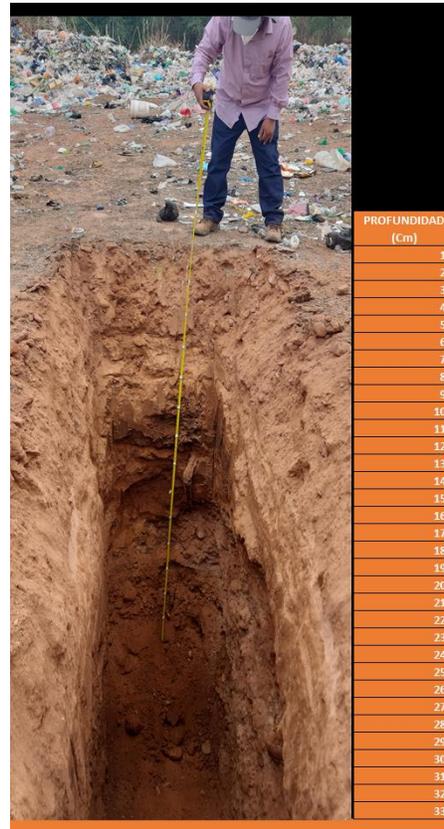


#### 4.2.7 Profundidad de la napa freática

Realizada una exploración en el predio del Botadero se ha verificado que el nivel freático se encuentra a más de 3,3 m de profundidad.

Se ha realizado una calicata exploratoria para verificar la presencia del nivel freático y la composición estratigráfica del perfil del suelo donde se ha confirma lo manifestado.

**Figura 2 Calicata de exploración de nivel freático**



Fuente: Fotografía propia tomada en octubre 2021

#### 4.2.8 Zonas de inundación

El botadero se encuentra ubicado en un área en la que no se presentan áreas de inundación cercanas.



Imagen 5. Verificación de la inexistencia de zonas de inundación cercanas



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.9 Zonas de riesgo o fallas geológicas

De acuerdo a las características geológicas que presenta el área de estudio y en base a la interpretación del informe Geológico General y Regional adjunto en anexos (Anexo 1).

Esta área se encuentra dentro de suelos que pertenecen al cuaternario y las áreas circundantes al periodo paleógeno. realizado el análisis in situ y habiendo analizado los mapas topográficos, imágenes de satélite y geológicos de la zona. Es posible afirmar que no existen fallas geológicas dentro el área del Botadero de Cuevo, Es decir que la ubicación del botadero no está expuesta a riesgo geológico.

#### 4.2.10 Usos de suelo en el área de influencia

Según el certificado de uso de suelo del botadero de Cuevo, el uso de suelo del actual es Uso Forestal, Uso agropecuario, Pastoril, Ganadero, Agrícola o de protección, adicionalmente se menciona que el botadero se encuentra fuera de la mancha urbana y no se presentan actividades económicas cercanas.



## 4.3 Características Ambientales

La Guía de Cierre Técnico de Botaderos establece la necesidad de identificar los impactos ambientales, relacionando la ubicación y operación del botadero, considerando los diferentes factores ambientales y sus atributos, en cuatro medios analizados:

1. **Medio Biótico:** Representa al componente biológico afectado por la acción del Botadero a cielo abierto
2. **Medio Abiótico** Constituido por todos los factores no vivientes los cuales pueden considerarse afectados por las actividades del botadero a cielo abierto.
3. **Medio Antrópico: Factores relacionados a la población y sus actividades que son afectados por la** operación del botadero.
4. **Medio Simbólico:** Se refiere al aspecto estético natural donde se encuentra el botadero.

### 4.3.1 Impactos al suelo

El Suelo del Botadero recibe directamente sobre su superficie a los residuos sólidos del área urbana del Poblado de Cuevo, conteniendo residuos municipales y ocasionalmente residuos patógenos y especiales. En el proceso de degradación de estos residuos se desprenden líquidos, gases y partículas sólidas que generan impactos ambientales en el sitio donde se encuentra ubicado el botadero

En el botadero de Cuevo se identifican los siguientes impactos ambientales sobre el suelo:

Tabla 12. Impactos ambientales al suelo del botadero de Cuevo

<b>Medio Abiótico</b>	
<b>Factor Ambiental/ Atributo Ambiental</b>	<b>Descripción</b>
<b>Suelo</b>	
Contaminación por Residuos	El suelo del Botadero recibe directamente en su superficie a todos los residuos generados en el área urbana de Cuevo y depositados por el personal de Aseo urbano del municipio, los mismos se mezclan con el suelo modificando su estructura y composición física y química.  Así mismo, dada la inexistencia de cobertura de los residuos, el viento y animales, esparcen parte de los residuos contaminando suelos de áreas aledañas cercanas al botadero.
Contaminación por Lixiviado	El suelo se ve afectado por el lixiviado generado en el proceso de fermentación de la materia orgánica y en su descomposición. El lixiviado al tener contacto directo con los residuos, lo contamina transportando partículas finas, metales pesados y otros minerales que afectan su composición química.



En el estudio realizado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Cuevo y otros municipios<sup>12</sup>, los valores determinados en las muestras de suelo tomadas en el botadero de Cuevo fueron los siguientes:

**Tabla 13. Índice de calidad de suelo del botadero de Cuevo**

Nº	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Con influencia	Sin influencia	Variación positiva/negativa	Efecto ponderado	Índice
1	Cuevo	Acidez	mEq-g/100 g	<b>2,48</b>	<b>2,25</b>	-0,23	<b>-0,09</b>	<b>-1,17</b>
2		Conductividad eléctrica	µS /cm	<b>75,50</b>	<b>94,30</b>	18,80	<b>0,20</b>	
3		Fósforo	mg / Kg	<b>1,50</b>	<b>4,00</b>	-2,50	<b>-0,63</b>	
4		Materia orgánica	%	<b>0,92</b>	<b>1,49</b>	-0,57	<b>-0,38</b>	
5		Nitrógeno total	mg / Kg	<b>90,10</b>	<b>140,00</b>	-49,90	<b>-0,36</b>	
6		Potasio	mg / Kg	<b>725,00</b>	<b>797,10</b>	72,10	<b>0,09</b>	
7		Plomo	mg / Kg	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,00	<b>0,00</b>	

Referencias:

mEq-g/100 g = Mili equivalente gramo por cada 100 gramos

µS/cm: Micro siemens por centímetro mg/Kg: Miligramos por kilogramo de suelo

‰: Porcentaje



: Impacto de los residuos en el área de disposición con respecto al área sin influencia, evaluación positiva



: Impacto de los residuos en el área de disposición con respecto al área sin influencia, evaluación negativa

Fuente: ETNICA 2020

El estudio realizado establece el índice de calidad para el suelo de Cuevo es de -1.17, demostrando que existe un impacto negativo sobre el suelo. El análisis de los datos pone de manifiesto la reducción de los valores de fosforo, potasio, nitrógeno total y materia orgánica, esta situación posiblemente se deba al efecto de lavado de suelos por las lluvias favorecido por la falta de cobertura vegetal.

#### 4.3.2 Impactos al aire (Emisión de gases, quema de residuos)

Los residuos depositados sobre la superficie del botadero, durante las diferentes etapas de descomposición de la materia orgánica, generan gases algunos de ellos inodoros y otros que generan olores ofensivos dentro del Botadero y normalmente en las cercanías a él.

En el botadero de Cuevo se identifican los siguientes impactos ambientales sobre el Aire:

**Tabla 14. Impactos ambientales del Botadero de Cuevo sobre el aire**

<b>Medio Abiótico</b>	
<b>Factor Ambiental/ Atributo Ambiental</b>	<b>Descripción</b>
<b>Aire</b>	

<sup>12</sup> ETNICA: Índices de calidad ambiental en los sitios de disposición final de La Paz, Tarija, Camiri, Cuevo, Cuevo, Gutiérrez y Boyuibe, GESTION 2020



Emisión de gases

Por efecto de la descomposición de la materia orgánica y su reacción con los otros materiales depositados en los residuos sólidos, se generan diferentes gases combustibles como el metano y otros tóxicos como el H<sub>2</sub>S, provocando olores desagradables e incendios en el botadero.

Partículas suspendidas en el aire

En la operación del botadero es posible detectar cantidades de material particulado, ocasionalmente con la presencia de vientos.

En el estudio mencionado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Cuevo y otros municipios, se ha evaluado las concentraciones estandarizadas de material particulado (PM10) y Metano (CH<sub>4</sub>) con los siguientes resultados:

**Tabla 15. Concentración de PM10 y CH<sub>4</sub> en el Botadero de Cuevo**

N.º	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Concentración estándar				Límites permisibles RMCA NB62011	Obs.
				Norte	Sur	Este	Oeste		
1	Cuevo	PM10	µg N/m <sup>3</sup>	<b>77,2</b>	<b>72,7</b>	<b>75,9</b>	<b>78,7</b>	150 50	No se supera el límite Se supera el límite

Cond. de muestreo: Temperatura media ambiental aproximada 12,5 °C  
Presión barométrica aproximada 511,0 mm Hg  
Caudal real de muestreo PM10 4,00 L/min

Referencias: PM10: Material particulado en suspensión de diámetro aerodinámico igual o menor a diez micrómetros  
µg N/m<sup>3</sup>: Micro gramos normalizados (estándar) por metro cubico de aire  
Conc. estándar: Concentración calculada a condiciones normalizadas (estándar) de presión y temperatura (760 mm Hg y 25 °C)  
RMCA: Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica de la Ley 1333  
NB62011: Norma Boliviana de Calidad del aire - Contaminantes criterio exterior - Límites máximos permisibles

N.º	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Concentración				Límite permisible	Obs.
				Norte	Sur	Este	Oeste		
1	Cuevo	CH <sub>4</sub>	ppm	<b>4,7</b>	<b>5,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,7</b>	1 000	No se supera el límite

Cond. de muestreo: Temperatura media ambiental aproximada 12,5 °C  
Presión barométrica aproximada 511,0 mm Hg

Referencias: CH<sub>4</sub>: Metano  
ppm: partes de gas por millón de partes de aire ambiente

Fuente: ETNICA 2020

El mismo estudio concluye que el material particulado si bien excede el límite establecido en la NB 62011 en los cuatro puntos de evaluación tomados, en ninguno de los casos se excede el límite establecido en el Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA) de la ley 1333

El caso del metano (CH<sub>4</sub>), los valores obtenidos en las mediciones realizadas en los cuatro puntos de monitoreo, dan cuenta de que la emisión de metano al ambiente se encuentra en concentraciones bajas, por debajo del límite establecido en la normativa.

Considerando los resultados de dicho estudio, no existen impactos significativos al aire.



### 4.3.3 Impactos agua

Los residuos depositados en el Botadero de Cuevo generan lixiviado, el cual, al ser infiltrado en el suelo podría transportarse hasta contaminar la napa freática, así mismo los residuos podrían contaminar cuerpos de agua físicamente al ser transportados por el viento directamente sobre los mismos

**Tabla 16. Impactos ambientales del botadero de Cuevo sobre el agua**

<b>Medio Abiótico</b>	
<b>Factor Ambiental/ Atributo Ambiental</b>	<b>Descripción</b>
<b>Agua</b>	
Calidad de aguas superficiales	Los cuerpos de agua superficiales cercanos son receptores de los residuos, especialmente el río temporal cercano al botadero
Calidad de aguas subterráneas	El nivel freático dentro del botadero no se logró determinar en la excavación a más de 3 metros de profundidad, aparentemente no habría riesgo de contaminación por lixiviado

En el estudio realizado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Cuevo y otros municipios, se han tomado muestras referenciales de agua de la Quebrada Cuevo, debido a que el río no presentaba caudal al momento de la muestra, se realizaron excavaciones en el lecho del río hasta encontrar el agua y donde se ha facilitado la toma de muestras “referenciales” de este cuerpo de agua, con los siguientes resultados:

**Tabla 17. Resultados y categorías de calidad de agua Cuevo**

N.º	Relleno Vertedero Botadero	Parámetro	Unidad	Aguas arriba	Aguas abajo	Categoría según RMCH		Aptitud de uso más restrictiva	
						Aguas arriba	Aguas abajo	Aguas arriba	Aguas abajo
1	Cuevo	pH	pH	8,60	8,50	A	A	C	C
2		Conductividad	µS/cm	421,00	401,00	---	---		
3		Oxígeno Disuelto	mg/L	7,70	7,08	A	A		
4		Temperatura	°C	25,10	29,00	---	---		
5		Turbiedad	NTU	3,00	4,00	A	A		
6		Demanda Química de Oxígeno	mg/L	13,00	17,00	C	C		
7		Cadmio	mg/L	<0,003	<0,003	A	A		
8		Cobre	mg/L	<0,04	<0,01	A	A		
9		Cromo Total	mg/L	0,01	0,01	A	A		
10		Hierro	mg/L	0,08	0,08	A	A		
11		Plomo	mg/L	<0,003	<0,003	A	A		
12		Coliformes termorresistentes	NMP/100 ml	21,00	3,60	A	A		



Referencias:



$\mu\text{S/cm}$ : Micro siemens por centímetro  
 $\text{mg/L}$ : Miligramos por litro  
 NTU: Unidades nefelométricas de turbiedad  
 NMP/100 mL: Número más probable por cada 100 mililitros A, B, C, D: Clasificación según aptitud de uso  
 E: Excede los valores establecidos para la categoría de clasificación D  
 RMCH: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley de Medio Ambiente 1333

Fuente: ETNICA 2020

De acuerdo a los resultados obtenidos, el análisis de los diferentes parámetros encontrados da cuenta de niveles bajos de concentración en la mayoría de los parámetros, solo un parámetro presenta una calidad de agua de categoría "C". Sin embargo, al haberse tomado muestras aguas arriba y aguas abajo del botadero y al no encontrarse diferencias significativas entre las muestras, se puede concluir que no existe influencia del botadero con la calidad de estas aguas superficiales.

Adicionalmente, en el caso de aguas subterráneas, considerando el nivel freático profundo, no existiría el riesgo de contaminación por lixiviados.

#### 4.3.4 Impactos a la fauna y flora

Dadas las condiciones recientes del botadero de Cuevo no se observa dispersión de residuos en los alrededores probablemente porque se encuentra rodeado de vegetación de porte mediano

Tabla 18. Impactos ambientales del botadero de Cuevo sobre la fauna y flora

Medio Biótico	
Factor Ambiental/ Atributo Ambiental	Descripción
Fauna	Dadas las condiciones de distancia y ubicación del botadero no se puede percibir efectos sobre la fauna del lugar.

En el estudio mencionado respecto a los índices de calidad ambiental de los sitios de Disposición final de Cuevo y otros municipios, se ha realizado un análisis de la afectación a la Fauna y flora del lugar, considerando Bioindicadores, con los siguientes resultados.

Tabla 19. Índice de Biodiversidad del botadero de Cuevo

N.º	Ciudad	Parámetro	Diversidad				Abundancia			
			Tipo		Botadero	Alto Camiri (referencia)	Tipo		Botadero	Alto Camiri (referencia)
1		Insectos	En muestra	Cant.	7	14	Individuales	Cant.	75	368
2	Observados		Cant.	4	3	Sociales	Cant.	4	4	
3	Promedio		Cant.	6	9	Total	Cant.	475	768	
4	Valor relativo		%	<b>64,71</b>	<b>100,00</b>	Valor relativo	%	<b>61,85</b>	<b>100,00</b>	



5	Cuevo	Plantas	En muestra	Cant.	8	10	Área sitio disp. res.	m2	9894	21279
6			Observados	Cant.	4	11	Área cobertura vegetal	m2	3543	18893
7			Promedio	Cant.	6	11	—	—	—	—
8			Valor relativo	%	<b>57,14</b>	<b>100,00</b>	Cobertura vegetal	%	<b>35,81</b>	<b>88,79</b>

<b>INDICE</b>
---------------

Cuevo	<b>0,55</b>
-------	-------------

Alto Camiri	<b>0,97</b>
-------------	-------------

Como puede observarse en los resultados, el índice de biodiversidad para el Botadero de Cuevo es de 0.55, el cual muestra una reducción de 43% en la Biomasa y la biodiversidad en comparación con el sitio de referencia (Alto Camiri). El resultado manifiesta una disminución en abundancia y diversidad de especies botánicas en el área del botadero.

### 4.3.5 Impactos al patrimonio natural y cultural

El Botadero de Cuevo se encuentra emplazado en un área que no es considerada como patrimonio Natural y Cultural del municipio de Cuevo, constatando que no existiría impacto a este tipo de Patrimonio.

## 4.4 Características Socio-económicas y de Salud

### 4.4.1 Actividades socioeconómicas que se generan en el área de influencia (Segregación y Crianza de animales)

En el Botadero de Cuevo, no se verificó la presencia de segregadores, sin embargo, en el área urbana de Cuevo se ha reportado 4 familias segregadoras que hasta antes de la pandemia reciclaban Pet y metales, respecto a la crianza de animales, se observó la presencia esporádica de cerdos.

### 4.4.2 Actividades socioeconómicas afectadas en el área de influencia (Turismo, Paisaje, Patrimonio Cultural, Agricultura, etc.)

En el Área del Botadero no se realizan actividades turísticas y no existe Patrimonio Cultural declarado o visible, con relación a actividades agrícolas no se presentan en los alrededores, si existen actividades pecuarias, sin embargo, las parcelas de pastoreo más cercanas, están a más de 190 m. del límite del botadero.

Adicionalmente se menciona que no existe un impacto significativo al paisaje considerando que el botadero ha iniciado operaciones hace 11 años.

### 4.4.3 Grupos humanos potencialmente afectados (Familias de comunidades)



No se observan construcciones habitacionales cercanas al botadero por lo cual no se reportan denuncias de vecinos cercanos respecto a residuos dispersos o malos olores.

#### 4.4.4 Afectación a la salud (Enfermedades, Presencia de vectores)

No existen reportes de afectación a la salud por causa del botadero, respecto a la presencia de Olores ofensivos, solamente se detecta en el interior del Botadero.

#### 4.4.5 Existencia de otros servicios públicos instalados en el área de influencia

En el Área cercana al Botadero se cuenta con una red de distribución de energía eléctrica como el único servicio básico existente en el lugar.

En el Anexo 2, se presenta el formulario para la evaluación de campo de las condiciones del botadero de Cuevo.

### 5. Evaluación y categorización del sitio.

Para la Evaluación técnico ambiental del sitio, se aplicará la metodología establecida en la Guía para el Cierre técnico de Botaderos, adicionalmente se considera el Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios de disposición final de la Guía de Diseño y Construcción de rellenos sanitarios, complementada con las especificaciones obligatorias de la NB 757 para la identificación de sitios para rellenos sanitarios.

#### 5.1 Metodología aplicada para la evaluación técnico - ambiental del botadero

Como recomienda la Guía para el Cierre Técnico de Botaderos, para evaluar el estado de un botadero se consideran las características y los impactos más importantes que ocasionan al medio ambiente (impactos ambientales) y al ser humano (aspectos socioeconómicos y de salud) calificados de acuerdo a criterio del proyectista.

Para ejecutar la evaluación del botadero de Cuevo se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Los parámetros, valores límite, el peso o importancia de cada parámetro y el sistema de calificación empleado son los recomendados por la guía mencionada.
- 2) En base a los criterios señalados se establece:

**Puntaje Máximo (a):** El valor asignado de acuerdo a las particularidades de cada parámetro evaluado, varía en la escala de 3 a 1:



- Peor Valor (3): cuando la afectación o impacto es significativo.
- Valor Medio (2): cuando la afectación o impacto se encuentra en un rango racional, la valoración se realiza respecto al peor valor.
- Mejor Valor (1): cuando ocurre lo contrario, es decir la afectación o impacto no es significativo.

**Importancia del Parámetro (b):** La importancia del parámetro se puede establecer en función del criterio del proyectista. La escala aplicada varía de 1 a 5.

**Ponderación del Parámetro (a \* b):** Para la ponderación de los parámetros, se mantiene la recomendación de la guía estableciendo la regla de cálculo, que consiste en la multiplicación del valor de Puntaje Máximo por el valor de Importancia del Parámetro.

En función de los resultados se procede a determinar la categoría de riesgo del Botadero de acuerdo a los siguientes parámetros:

Total %	Categorización		Acción a tomar
> 200	Alto Riesgo	→	Cierre técnicos del botadero sin posibilidad de ser rehabilitado
150 - 200	Moderado Riesgo	→	Posibilidad de Rehabilitación del botadero siempre que el sitio cumpla con los requisitos de la norma para ubicación de rellenos
0 - 150	Bajo Riesgo		

## 5.2 Evaluación técnico - ambiental del botadero

Para la evaluación técnico ambiental del botadero se ha aplicado la valoración de impactos ambientales con la metodología descrita previamente, el resultado de esta evaluación se describe a continuación:

**Tabla 20. Evaluación o valoración de Impactos ambientales**

Parámetro	Factores de Valoración			
	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Suelo	> 1 Ha			15
	< 1Ha	3	5	
Incompatibilidad de Uso de suelo	Si			6
	No	2	3	
	Si			



Presencia de Lixiviados	No	1	5	5
Sub total				26
Aire	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Presencia de Biogás	Si	2	5	10
	No			
Quema de Residuos	Si	3	5	15
	No			
Presencia de Olores desagradables	Si	3	5	15
	No			
Sub total				40
Agua	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Presencia de Lixiviados	Si			5
	No	1	5	
Sub total				5
Fauna/Flora	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Proliferación de Fauna nociva	Si			8
	No	2	4	
Daño a la Vegetación	Si			10
	No	2	5	
Alteración de la Fauna Terrestre o acuática	Si	2	4	8
	No			
Sub total				26
Patrimonio Cultural y Natural	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Cerca o en sitios de patrimonio histórico, arqueológico, turístico	Si			4
	No	1	4	
Cerca o en áreas de reserva o protección natural	Si			4
	No	1	4	
Sub total				8
Riesgos	Indicador	Puntaje (a)	Importancia del Factor (b)	Ponderación (a*b)
Ubicados sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables o con dinámica hidro morfológica	Si			4
	No	1	4	
En áreas con suelos inestables y alta permeabilidad	Si	2	5	10
	No			
Ubicado en áreas inundables o áreas de riesgo	Si			4
	No	1	4	
Sub Total				18



**Tabla 21. Evaluación o Valoración de Impactos Ambientales según Actividades Socio Económicas y de Salud**

Parámetro	Factores de Valoración			
	Indicador	Puntaje	Importancia del Factor	Ponderación
Suelo		(a)	(b)	(a*b)
Presencia constante de grupos Humanos	Si			3
	No	1	3	
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores	Si			3
	No	1	3	
Riesgo de contaminación de animales por consumo humano	Si			3
	No	1	3	
Afectación de actividades socioeconómicas de la población circundante	Si			5
	No	1	5	
<b>Sub total</b>				<b>14</b>

Una vez realizada la valoración de todos los factores el resultado se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 22. Resumen de la evaluación de impactos ambientales**

Evaluación de Impactos Ambientales	Ponderación del Impacto.
Impacto al Suelo	23
Impacto al Aire	19
Impacto al Agua	15
Impacto a la Flora y fauna	22
Impacto al Patrimonio Natural y Cultural.	8
Riesgo	24
Impacto Socioeconómicos y salud	26
<b>Valoración Total</b>	<b>137</b>

En función de la ponderación de impactos obtenida para el Botadero de Cuevo, el valor ponderado de 137, se encuentra dentro del Rango de 0 a 150, y se considera como un botadero de Bajo Riesgo, con posibilidad de rehabilitación siempre que el sitio cumpla con los requisitos de la Norma para ubicación de rellenos.

Sin embargo, la metodología establece criterios adicionales que establecen si un botadero es de alto riesgo, estos factores deben ser controlados en el proyecto.



**Tabla 23. Criterios considerados de alto riesgo que deben ser considerados en la evaluación**

Criterio	SI/NO	Descripción
a) Existe riesgo de contaminación de cuerpos de agua, principalmente las que son utilizadas para consumo o recreación humana	NO	
b) Si se encuentra a menos de 1000 m de actividades agrícolas, granjas de crianza de animales u otras actividades socioeconómicas.	SI	Se encuentra a 895 metros de la mancha urbana
c) Si se encuentra en áreas inundables o en zonas con nivel freático alto.	NO	
d) Si se encuentra en áreas con suelos inestables y de alta permeabilidad	NO	
e) Si está ubicado sobre o cerca de áreas geológicas vulnerables	NO	
f) Si está en áreas expuestas a procesos de dinámica hidro morfológica	NO	
g) Si se encuentra en sitios de patrimonio histórico, turístico o cultural o cerca de estos.	NO	
h) Si se encuentra en reservas naturales o cerca de estas.	NO	

### 5.2.1 Cumplimiento de requisitos para la ubicación de rellenos

Para la verificación del cumplimiento de la norma para la ubicación de rellenos, se toman en cuenta dos documentos: 1) la Guía-para-el-Diseno-Construccion-Operacion-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario y 2) la Norma Boliviana NB 757:

- 1) Cumplimiento de la Guía-para-el-Diseno-Construccion-Operacion-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario

Para este caso, se realiza el Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios, aplicando la siguiente matriz:

**Tabla 24. Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios**

Factores/ Parámetros	Puntaje Máximo (a)				(a)	Importancia del factor (b)	Ponderación del factor (a*b)
	Valor mínimo permisible	Mejor Valor	Valor medio	Peor valor			
Factores Ambientales		3	2	1		De 1 a 5	
Proximidad a centros poblados	1.000 m		2		2	3	6
Proximidad a aeropuertos	3.000 m	3			3	3	9
Proximidad a otras instalaciones	1.000 m		2		2	3	6
Presencia de zonas de recarga acuífera o fuentes de abastecimiento de agua potable	500 m	3			3	4	12



Factores/ Parámetros	Puntaje Máximo (a)				(a)	Importancia del factor (b)	Ponderación del factor (a*b)
	Valor mínimo permisible	Mejor Valor	Valor medio	Peor valor			
Afectación paisajística	n.c.	3			3	3	9
Existencia de Barreras naturales (taludes, bosques)	n.c.	3			3	3	9
Presencia de flora y fauna I	n.c.		2		2	3	6
Existencia de área protegidas	n.c.	3			3	3	9
Área con restos arqueológicos	n.c.	3			3	3	9
Dirección viento del predominante	n.c.		2		2	4	8
<b>Factores Técnicos</b>							
Vida útil del Terreno	15 años			1	1	3	3
Topografía del Terreno	n.c	3			3	3	9
Textura	n.c			1	1	3	3
Permeabilidad	10 <sup>-6</sup> cm/s			1	1	4	4
Barrera Geológica	1.50 m			1	1	4	4
Características de Drenaje natural (> 3m todo el drenado Entre 0,50 m	n.c.	3			3	3	9
pH suelo	n.c.	3			3	3	9
Hidrogeología (Manto acuífero)	150 años			1	1	4	4
Condiciones sísmicas	n.c.	3			3	3	9
Fallas Geológicas	60 m	3			3	3	9
<b>Factores Económicos</b>							
Distancia de recorrido en el transporte de residuos sólidos	20 km	3			3	4	12
Disponibilidad de Material para cobertura	n.c.		2		2	4	8
Camino de acceso	n.c.	3			3	3	9
Disponibilidad de Servicios básicos	n.c.		2		2	3	6
Uso actual del terreno y sus colindancias	n.c.		2		2	3	6
<b>Factores Sociales</b>							
Legalidad de asentamientos	n.c.	3			3	3	9
Opinión pública	n.c.	3			3	4	12
Interés en el proyecto	n.c.	3			3	4	12
Necesidad de servidumbre para acceso	n.c.	3			3	3	9
<b>Factores legales</b>							
Derecho Propietario	n.c.	3			3	4	12
Estado Jurídico	n.c		2		2	3	6
<b>TOTAL</b>							<b>247</b>



Como resultado de esta evaluación se obtiene que el sitio está ubicado en un área con limitaciones, sin embargo, la guía para el Diseño y construcción de rellenos, establece lo siguiente:

Puntaje ponderado total	Calificación
0 - 150	Malo o terreno no aceptable o de opción marginal
150 - 200	Regular o terreno moderadamente aceptable
200 - 300	Bueno o terreno aceptable
Mayor a 300	Muy Bueno o Terreno aceptable de primera opción

En función de esta clasificación, el puntaje ponderado final obtenido de 247 se encuentra ubicado en el rango de 200 y 300 que califica al sitio del Relleno sanitario como Bueno o terreno aceptable

2) la Norma Boliviana NB 757 - Medio Ambiente -Características que Deben Reunir los Sitios Para Ubicar Sistemas de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales

Para verificar el cumplimiento de esta normativa se elaboró la siguiente matriz de cumplimiento de las especificaciones obligatorias:

**Tabla 25. Especificaciones obligatorias NB757**

1 ESPECIFICACIONES OBLIGATORIAS	CUMPLIMIENTO
Las condiciones mínimas que deberá cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales serán las siguientes:	
<b>1.1 Aspectos generales</b>	
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.	NO
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.	SI
b) De 1. 500 m (mil quinientos metros) cuando maniobren aviones de motor a pistón.	SI
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.	SI
No se deberán ubicar sitios dentro de áreas protegidas, reservas naturales y reservas ecológicas.	SI
<b>1.2 Aspectos hidrológicos</b>	
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.	SI
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no deberá ubicarse en zonas de pantanos, marismas, humedales y similares.	SI
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.	NO
<b>1.3 Aspectos geológicos</b>	



1 ESPECIFICACIONES OBLIGATORIAS	CUMPLIMIENTO
Deberá localizarse fuera de zonas inestables o con taludes inestables.	SI
No deberá ubicarse donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fracturar los suelos.	SI
El sitio deberá evitar zonas donde existan o se puedan generar fenómenos de carsismo, como dolinas u otras formas de tipo cársico.	SI
<b>1.4 Aspectos hidrogeológicos</b>	
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.	NO
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.	NO
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.	SI
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.	SI
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.	NO
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no deberá ubicarse en zonas de recarga del acuífero.	SI
<b>1.5 Consideraciones complementarias</b>	
Cuando exista algún riesgo de contaminar cuerpos de agua superficial y subterránea, podrán aplicarse obras de ingeniería, siempre y cuando se asegure el cabal cumplimiento de la especificación correspondiente.	SI

En función a la evaluación realizada considerando las especificaciones obligatorias de la NB 757, existen varios factores relacionados a los aspectos hidrogeológicos, la distancia a cuerpos de agua y a la mancha urbana de Cuevo, que no se cumplen. Sin embargo, tomando en cuenta el punto 1.5 de consideraciones complementarias, que establece “Cuando exista algún riesgo de contaminar cuerpos de agua superficial y subterránea, podrán aplicarse obras de ingeniería, siempre y cuando se asegure el cabal cumplimiento de la especificación correspondiente”,

En este caso, se requiere implementar infraestructura para reducir el riesgo de contaminación de agua superficial y subterránea considerando lo siguiente:

- Implementar un sistema de drenaje Pluvial externo e interno efectivo
- Verificar que el sistema de impermeabilización sea efectivo
- Sistema de almacenamiento y tratamiento de lixiviados seguro

## 6. Selección de la alternativa.

Considerando los resultados de la Evaluación Técnica Ambiental, establecida en la metodología de cierre de botaderos<sup>13</sup>, se establece que el Botadero de Cuevo es un botadero de bajo riesgo,

<sup>13</sup> Guía de Cierre de Botaderos (Ministerio de medio ambiente y Aguas 2012)



con posibilidad de rehabilitación siempre que el sitio cumpla con los requisitos de la Norma para ubicación de rellenos

Habiendo realizado el Análisis de Factores y Parámetros para la Identificación de Sitios de la Guía de Diseño y Construcción de rellenos del MMAYA<sup>14</sup>, se ha obtenido que el botadero de Cuevo se encuentra ubicado en un Terreno aceptable.

Asimismo, se ha analizado la norma para ubicación de rellenos NB757<sup>15</sup>, en este caso se presentan limitaciones relacionadas con las distancias a la mancha urbana y a cuerpos de agua superficial, sin embargo, es posible implementar infraestructura para reducir el riesgo de contaminación de agua superficial y subterránea si se desea operar el botadero de Cuevo.

Tomando en cuenta la valoración aceptable del terreno en las guía de Diseño, Construcción..., de rellenos del MMAYA, y el bajo riesgo determinado en la Guía de cierre de botaderos y, considerando que las limitaciones encontradas para el sitio del relleno sanitario pueden ser controladas, lo más recomendable es proceder a la rehabilitación temporal del botadero, considerando el Plazo establecido por el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas para el cierre de botaderos en el país. Durante este periodo debe encontrarse otro sitio o cambiar la metodología de Tratamiento y Disposición final.

En función de este análisis se concluye que la alternativa elegida es la Rehabilitación temporal del Botadero de Cuevo.

## 7. Proyecto técnico.

### 7.1 Actividades previas

Para la rehabilitación del Botadero de Cuevo se seguirán las siguientes actividades previas:

#### 7.1.1 Determinación del Derecho propietario

El derecho propietario del predio del Botadero de Cuevo, fue “consolidado de forma definitiva” por el Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo, a través de la resolución Administrativa N° 016/2019, el 12 de abril de 2019, en dicha resolución se adjunta además el catastro del vertedero municipal de Cuevo.

#### 7.1.2 Difusión del cierre técnico del botadero

La Difusión del proyecto técnico que se pretende implementar, ha iniciado su Difusión desde la gestión 2020, la misma debe continuar e incluir a todos los actores de la gestión de residuos en el municipio

- Autoridades
- Población en General

---

14 Guía de Diseño y Construcción de rellenos Sanitarios (Ministerio de Medio Ambiente y Aguas 2012)

15 NB 757 Medio Ambiente -Características que deben reunir los sitios para ubicar sistemas de disposición final de residuos sólidos municipales



- Mercados
- Restaurants y otras actividades económicas
- Centros de Salud
- Otras instituciones presentes

Para lograr este objetivo se pueden emplear los medios de comunicación acostumbrados para la difusión de información del Gobierno municipal (ej. Radio)

### 7.1.3 Trabajo social con segregadores de residuos sólidos

En el área del Botadero existirían 4 familias segregadoras, que se dedican al acopio de residuos reciclables.

Con estas familias y otros interesados se implementarán acciones para potenciar la actividad del reciclaje en el municipio, en función la propuesta de implementación de un centro de acopio que se está gestionando con el Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo.

### 7.1.4 Construcción del cerco perimetral y puerta de acceso.

El botadero de Cuevo a diferencia de otros municipios cuenta con un enmallado construido, en buen estado, como se observa en la siguiente fotografía.

Fotografía 1 Detalle de la malla olímpica del Botadero y de la ubicación de la puerta

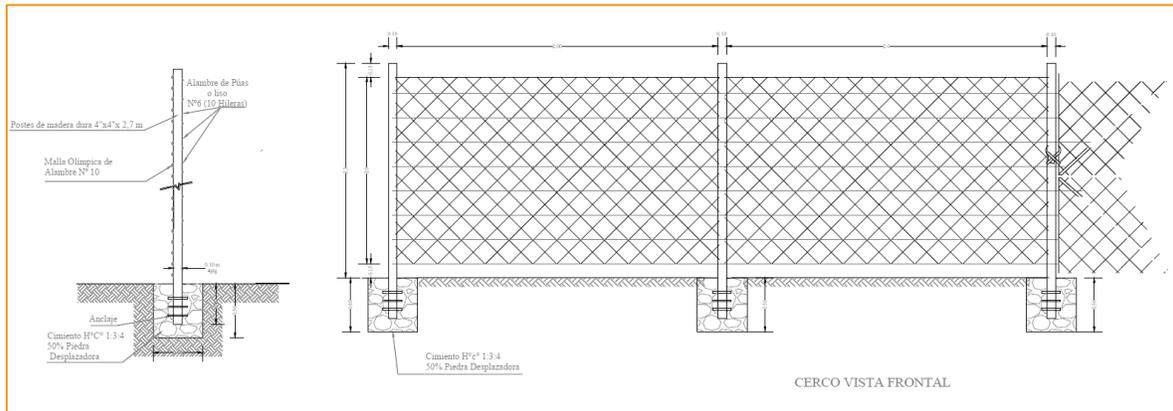


Fuente: Elaboración propia sobre imagen de Dron Phatom 4 Pro

Sin embargo, se realizará una ampliación del predio en la parte Nor - Nor oeste, para lo cual se implementará 202 m<sup>2</sup> de malla olímpica de acuerdo al siguiente detalle.



Figura 3 Vista frontal del cerco



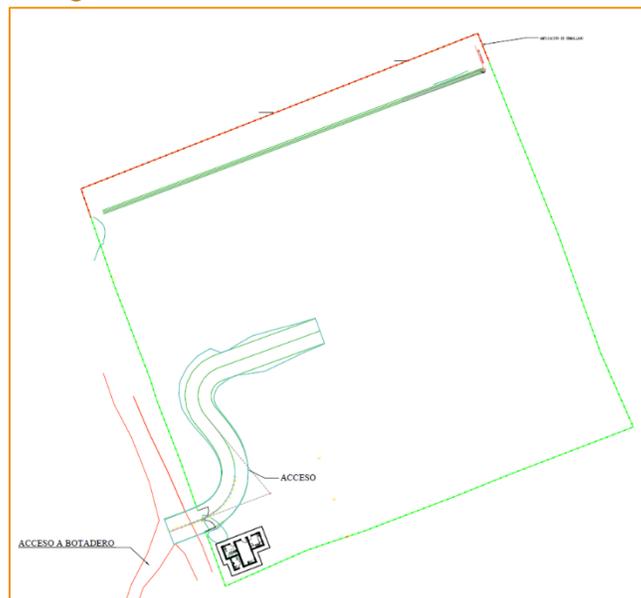
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

### 7.1.5 Caseta de vigilancia e implementación de ambiente para almacén de insumos.

En el Botadero de Cuevo se cuenta con una caseta de vigilancia, la cual servirá adicionalmente como almacén durante la operación del relleno de Cuevo.

La ubicación de la caseta de vigilancia es la siguiente:

Figura 4 Ubicación de oficinas administrativas



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

Las características de la caseta se observan en la siguiente fotografía



Fotografía 2 Caseta de vigilancia actual



### 7.1.6 Colocación de un letrero informativo

El letrero informativo de cierre del Botadero incluirá las siguientes especificaciones técnicas:



## 7.2 Cierre técnico

Una vez que se hayan realizado las actividades previas o de manera paralela se deben llevar a cabo las operaciones de cierre del botadero, considerando dos momentos:

- Excavación y traslado de residuos dispersos
- Cierre técnico in situ y tratamiento

### 7.2.1 Excavación y traslado de los residuos dispersos a la celda de cierre construida para depositar estos residuos

#### 7.2.1.1 Excavar y retirar los residuos.



Los residuos dispersos en el predio deben ser reubicados en la celda de cierre del botadero de acuerdo al siguiente esquema:

**Imagen 6. Residuos que serán reubicados en la celda de cierre**



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

#### **7.2.1.2 Excavar y retirar las tierras de la base**

La tierra de las áreas donde los residuos estaban dispersos será reutilizada y empleada en la celda de cierre del botadero, realizando la limpieza correspondiente.

#### **7.2.1.3 Muestrear y analizar el suelo de la base y paredes.**

Se tomarán muestras de suelo en las áreas que no sean reutilizadas para implementar otras infraestructuras.

#### **7.2.1.4 Nivelar y compactar el área liberada de residuos.**

Una vez concluida la Limpieza se nivelará y compactará adecuadamente el área liberada de residuos.

#### **7.2.1.5 Sembrar pasto o grama o vegetación propia del lugar.**

Las áreas niveladas y adecuadas serán sembradas con pasto o recibir el tratamiento adecuado de acuerdo al nuevo proyecto.

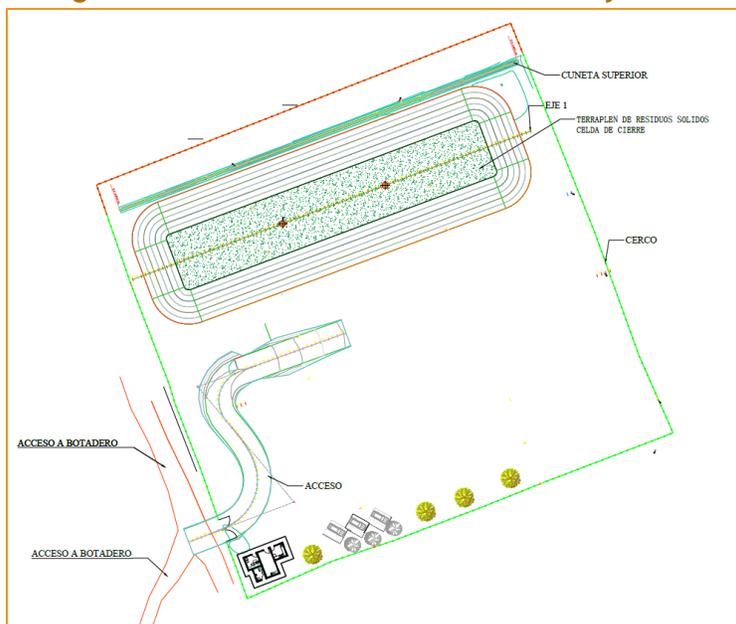


## 7.2.2 Cierre técnico in situ y saneamiento

### 7.2.2.1 Habilitación de Vías de acceso

La Celda de cierre del botadero, debe tener habilitado un acceso para su mantenimiento en el caso del proyecto para el Botadero de Cuevo la Ubicación de la Celda de Cierre y su acceso son los siguientes:

**Figura 5 Ubicación de la celda de Cierre y su acceso**



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

### 7.2.2.2 Instalación de servicios básicos

El GAMC deberá proveer los servicios básicos necesarios para la operación del Cierre del botadero

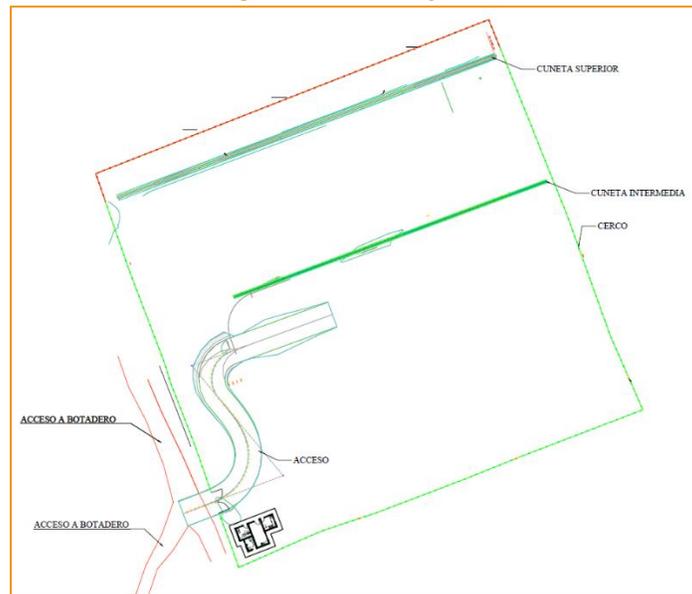
- Energía eléctrica: Instalación de la red disponible
- Agua potable: A bastecimiento mediante Cisternas
- Alcantarillado: A través de la instalación de fosas sanitarias

### 7.2.2.3 Construcción de sistema de Drenaje Pluvial

El botadero en Cierre contará con un sistema de Drenaje Pluvial integral que permita la evacuación de la escorrentía superficial de todas las instalaciones dentro del botadero, a futuro se podrá almacenar el agua para su aprovechamiento



Figura 6 Drenaje Pluvial



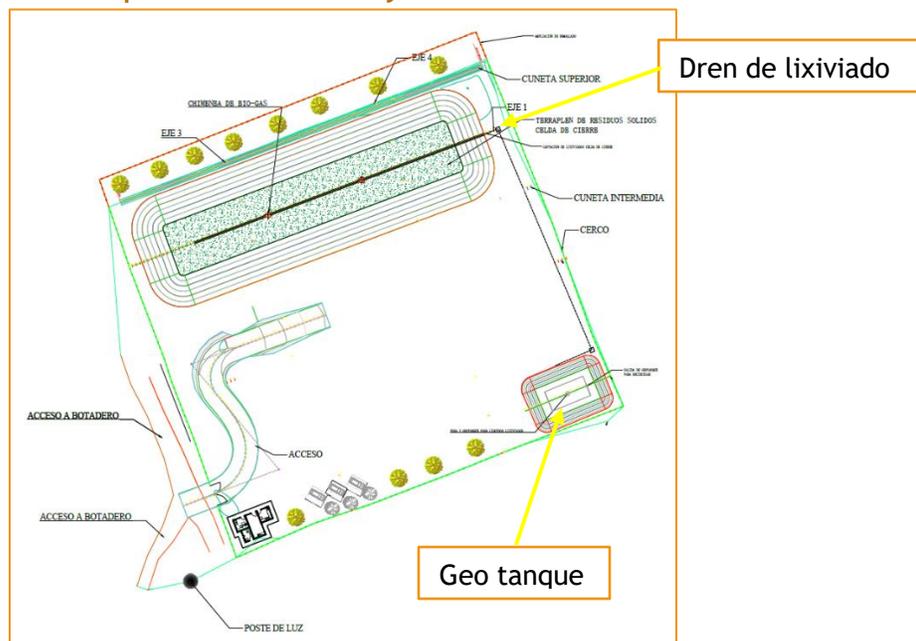
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

El canal de drenaje pluvial superior tendrá una longitud de 93 ml, el drenaje pluvial intermedio tiene una longitud de 77 ml haciendo un total de 170 ml de canales de drenaje pluvial.

#### 7.2.2.4 Sistema de captación, conducción y almacenamiento de lixiviados

El reducido volumen de lixiviado generado será captado y conducido al sistema de almacenamiento del Relleno habilitado para su tratamiento:

Figura 7 Captación conducción y almacenamiento de lixiviado



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

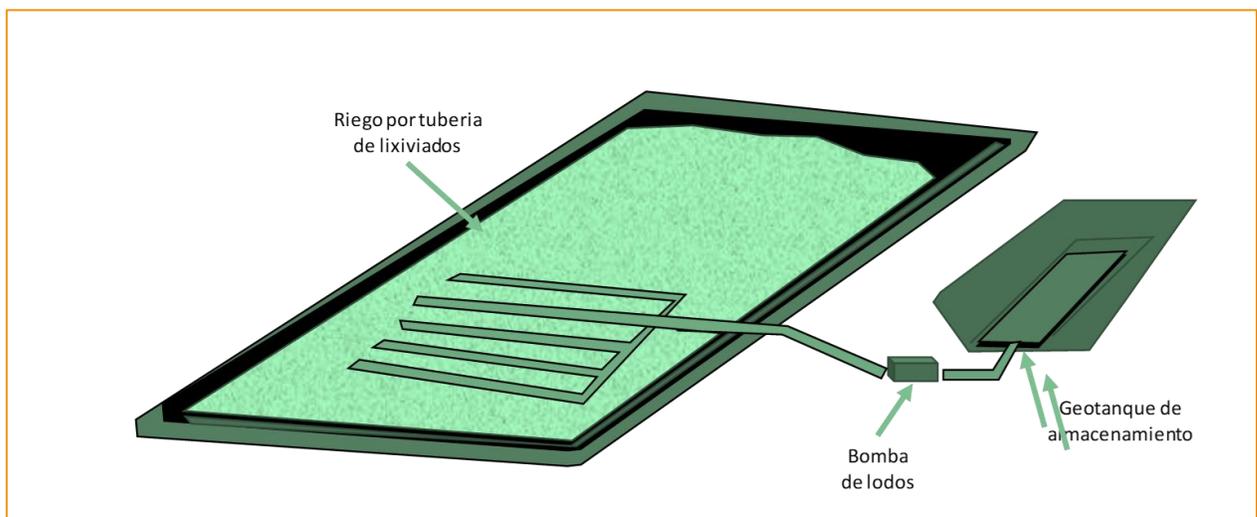


Se construirán 74 ml de drenes de lixiviado, para conducirlos al geo tanque que tiene una capacidad de almacenamiento de 50 m<sup>3</sup> .

#### 7.2.2.5 Tratamiento de lixiviados

El tratamiento de lixiviados será realizado conjuntamente al lixiviado generado en el relleno rehabilitado mediante la combinación de los sistemas de Recirculación y Evaporación.

**Figura 8** Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento y Tratamiento de lixiviados



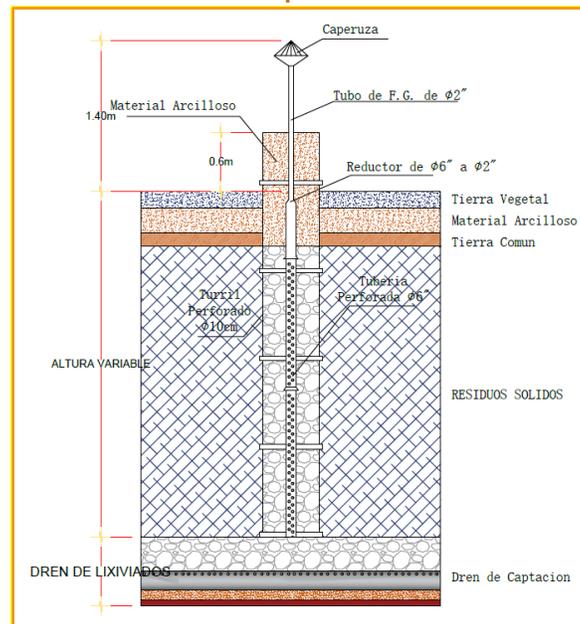
Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.2.2.6 Sistemas de captación de biogás y quema o recuperación energética

El sistema de captación de biogás es el siguiente, el tratamiento aplicado será la quema controlada



Figura 9 Detalles técnicos para la construcción de Chimeneas



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

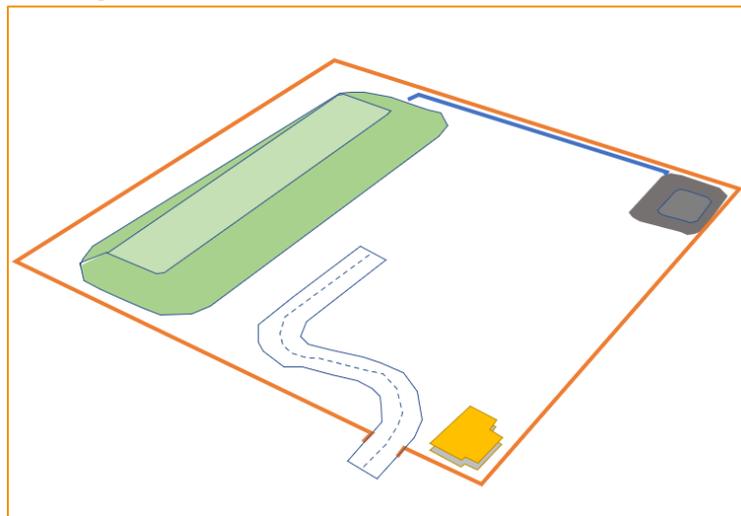
### 7.2.2.7 Estabilización física del botadero

Una vez que se haya realizado la conformación final de la celda de cierre del botadero se procederá a realizar las siguientes medidas

- Peinado de taludes
- Nivelación de Banquinas y Asentamientos
- Acordonado de Banquinas
- Instalación de Drenajes en las Banquinas

La conformación final proyectada es la siguiente

Figura 10 Conformación final de la Celda de Cierre



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo



### 7.2.2.8 Corte y Transporte de Tierra

Para realizar el cierre del relleno se empleará materiales disponibles en el propio botadero y adicionalmente un banco de préstamo asignado por el GAMC ubicado a menos de 1 Km del botadero

### 7.2.2.9 Cobertura Final de la Celda

Una vez que se haya realizado la estabilización física de la Celda de cierre, se realizara el cierre aplicando los siguientes criterios:

**Tabla 26. Construcción de la Capa Final**

Capas necesarias	Material	Necesidad Según Tipo de Botadero		
		Botaderos medianos/grandes con disposición de residuos biodegradables	Botaderos sin disposición de residuos biodegradables	Botaderos manuales, pequeños, o muy pequeños
Capa de soporte o de asentamiento de espesor de 0,3 -0,5m	Tierra de cobertura	Si	Si	Si
Capa de drenaje de gas, con espesor mayor a 50 cm	Piedra bola, grava o equivalente *	Si	No	Si el material está disponible y si es económicamente posible
Capa impermeable de material arcilloso espesor 0,4 m– 0,6 m	Limo arcilloso o arcilla de impermeabilidad suficiente**	Si	Si	Si
Capa de drenaje de aguas de lluvia espesor: 0,3 m	Capa de gravas permeabilidad superior o igual 10-3 cm/s***	Si entreverado con piedra o grava	No	No
Capa vegetal espesor 0,7- 0,8m	Suelo natural enriquecido con humus o compost	Si	Si	Si

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

Considerando que el Botadero de Cuevo es un botadero pequeño y manual, considerando las dificultades para conseguir material gravoso, según la Guía técnica de cierre de Botaderos, las capas obligatorias de cobertura serían las siguientes:

- a. Capa impermeable de material arcilloso 0.3 m
- b. Capa vegetal espesor 0.2 m



Figura 11 Estructura de la Cobertura final del botadero de Cuevo

PROFUNDIDAD (Cm)	COBERTURA FINAL
10	Capa Vegetal 20 cm
20	
30	Capa Impermeable 30 cm
40	
50	
60	Residuos sólidos
70	
80	
90	
100	
110	
120	
> 120	

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente después del cierre se debe implementar un Plan de forestación del predio que incluiría:

- Forestación en taludes: para aminorar los efectos erosivos de la lluvia
- Forestación perimetral: para cumplir la NB 760, respecto al área de amortiguamiento y barrera rompevientos
- Forestación en bordes talud-Banquina: Para mejorar la estabilidad de la orilla de la banquina
- Forestación en la superficie: Para reducir los efectos de la lluvia como la erosión por escorrentía

La forestación sobre las celdas, debe ser con especies superficiales con poco desarrollo radicular y adaptadas a las condiciones climáticas del lugar.

#### 7.2.2.10 Diseño de la red o pozos de monitoreo de aguas subterráneas

Para el monitoreo de aguas subterráneas según la NB-760 se indica que:

Para el monitoreo de aguas subterráneas tal como recomienda la NB-760 se instalarán dos pozos (pueden ser construidos manualmente), el primero a 100 metros aguas arriba según la pendiente y el segundo a 100 metros aguas abajo del relleno sanitario, donde se podrán monitorear los impactos de la actividad sobre las aguas freáticas del lugar, la norma pide que se instalen a una profundidad de 2 metros por debajo del nivel del acuífero.



Imagen 7. Ubicación recomendada para los pozos de monitoreo de aguas subterráneas



Fuente: elaboración propia

### 7.2.3 Programa de seguimiento (mantenimiento- Post -cierre)

#### 7.2.3.1 Post - Cierre técnico

Aguas abajo

Las actividades de Post Cierre técnico se enfocan en el mantenimiento de las obras que se implementaran en el cierre técnico y el sistema de monitoreo.

Para el Post Cierre la entidad encargada de su ejecución des el Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo, quien será encargada de:

- Inspecciones rutinarias
- Mantenimiento de la infraestructura (Cobertura, asentamientos, banquetas, sistema de captación y tratamiento de lixiviados, captación y tratamiento de gases, sistema de drenaje pluvial, etc.
- Supervisión y monitoreo ambiental: Aguas subterráneas y superficiales y Aire
- Presentación de informes de monitoreo.

#### 7.2.3.2 Mantenimiento de las obras de cierre técnico del botadero



La infraestructura implementada en el botadero, debe ser mantenida en condiciones adecuadas de operabilidad a lo largo del periodo de cierre y mantenimiento (Post-cierre), dichas actividades se llevarán a cabo por un periodo de 10 a 15 años y tendrán carácter preventivo y cuando se requiera ocasionalmente correctivo.

#### **7.2.3.2.1 Mantenimiento de las vías de circulación**

Para garantizar que las vías internas del sitio estén siempre transitables, se deben realizar labores de cierre de agrietamientos, riego de camino y limpieza de cunetas.

#### **7.2.3.2.2 Mantenimiento de la cobertura final**

Para resolver problemas de erosión o asentamientos, se implementarán acciones de reparación a la brevedad posible, para evitar mayores deterioros e impactos ambientales

#### **7.2.3.2.3 Mantenimiento de la cobertura vegetal en la celda**

Para preservar la cobertura vegetal en las banquetas, se extenderán mantos de restos de poda picados, así mismo se propone elaborar compost para mejorar el suelo y la cobertura vegetal del botadero cerrado.

#### **7.2.3.2.4 Mantenimiento de áreas verdes**

Para el mantenimiento de áreas verdes se implementarán sistemas de riego con manguera tratando de optimizar el uso de agua (a futuro se podrán emplear métodos como goteo o aspersión), de manera que el riego sea más eficiente y se evite la percolación y la escorrentía.

Así mismo anualmente se realizará el abonado de las áreas verdes

#### **7.2.3.2.5 Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas superficiales**

El sistema de Drenaje pluvial del botadero Rehabilitado, será mantenido realizando su limpieza, reparación de geomembranas que hayan sufrido desgarros y/o fisuras.

La limpieza se realizará de manera preventiva antes del inicio de la época de lluvias, se verificará su correcto funcionamiento durante la época de lluvias y se realizaran las reparaciones correspondientes, cuando se requiera.

#### **7.2.3.2.6 Asentamiento en celdas**

A medida que los residuos se vayan descomponiendo, se drene el lixiviado y el biogás, es normal la presencia de asentamientos en diferentes partes del relleno cerrado, para evitar la acumulación de agua pluvial y destrucción de taludes y plataformas por efecto de las lluvias, estos asentamientos serán corregidos antes del inicio de la época de lluvias.

Para el control de asentamientos se llevará un control topográfico, el cual debería ser realizado al menos anualmente antes de la época de lluvias y en dos momentos antes de



reparar y después de las reparaciones, de manera que se tenga registrado todas las áreas donde se produjeron asentamientos y su magnitud.

#### **7.2.3.2.7 Adecuación y mantenimiento de taludes y banquinas**

La adecuación de taludes y banquinas cuando se presenten asentamientos se realizará manualmente o mediante el uso de maquinaria, teniendo en cuenta que se deben restaurar las condiciones iniciales de pendientes y continuidad de las plataformas

#### **7.2.3.2.8 Mantenimiento del sistema de captación de lixiviados**

El sistema de captación y conducción de lixiviados será monitoreado permanentemente, al mismo tiempo que se realiza el control de caudal de manera semanal, se verificará la cámara de inspección y el estado de las tuberías de conducción, en caso de ser necesario se aplicaran las medidas correctivas correspondientes.

#### **7.2.3.2.9 Mantenimiento de piscinas o Geo tanque de almacenamiento de lixiviados**

En las áreas donde se ubica el geo tanque se verificará la estabilidad de los taludes, el drenaje pluvial del Geo tanque y las fugas que pudieran generarse durante el periodo de cierre y mantenimiento. En caso de presentarse algún problema con esta instalación, la misma será corregida a la brevedad posible.

#### **7.2.3.2.10 Mantenimiento del sistema de captación de biogás**

Las chimeneas de biogás, deben ser encendidas diariamente, una vez que se inicie la generación de gas metano, durante este trabajo se realizarán inspecciones a las chimeneas y sus alrededores verificando que no existan emisiones fugitivas de biogás, de manera que se realice el sellado de estos sitios o la reconducción de esta fuga hacia la chimenea principal.

### **7.2.4 Programa de Control y Monitoreo ambiental del botadero en cierre.**

#### **7.2.4.1 Actividades de monitoreo ambiental Post - Cierre Técnico**

El monitoreo, seguimiento y control de las variables ambientales del botadero en cierre, permitirá identificar el comportamiento y evolución de los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos del sector en cierre del botadero de Cuevo. Este será el instrumento que permitirá al representante legal del botadero demostrar ante las autoridades ambientales, el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

#### **7.2.4.2 Programa de control y monitoreo ambiental**



Para el control y monitoreo ambiental del sector del Botadero en cierre, se seguirán las recomendaciones de la Guía técnica de Cierre de Botaderos, la cual establece los principales aspectos sujetos a control y monitoreo en Botaderos, adicionalmente se sugieren otras medidas necesarias descritas en la siguiente tabla:

Aspectos Sujetos de Control y Monitoreo		
Descripción	Aspectos	Frecuencia
<b>RECOMENDADOS</b>		
Inspección de la cobertura	Erosión de la cobertura	2 veces al año posterior a la época de lluvias y antes de la época de lluvias
Formación de charcos	Por asentamientos en las plataformas	2 veces al año al iniciarse la época de lluvias y al terminar
Generación de lixiviado	Control de la generación de lixiviado	Cada 2 meses, de 1 a 2 semanas con herramientas y recipientes
Inspección de canal perimetral	Obstrucción	1 vez al año antes de la época de lluvias
Inspección de la cerca perimetral	Daños o deterioros de la cerca perimetral	1 vez al mes
<b>SUGERIDOS</b>		
Asentamientos y derrumbes en banquetas	Asentamientos en los taludes que ocasionan derrumbes menores	2 veces al año al iniciarse la época de lluvias y al terminar
Inspección del sistema de drenaje pluvial	Verificación del sistema de drenaje pluvial interno	1 vez antes del inicio de la época de lluvias, y quincenalmente durante la época de lluvias
inspección del sistema de drenaje de lixiviados	Verificación del sistema de captación y conducción de lixiviados	Quincenalmente todo el año
Seguimiento a la quema controlada de biogás	Verificación de la generación de biogás, quema controlada y emisiones fugitivas	Quincenalmente todo el año
Inspección al sistema de tratamiento de Lixiviados	Verificación de las condiciones del geo tanque, las tuberías y bombas instaladas para la recirculación	Quincenalmente todo el año

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos y Elaboración Propia



### 7.2.4.3 Monitoreo de aguas subterráneas:

Como recomienda la Guía técnica de Cierre de Botaderos, la frecuencia de monitoreo de aguas subterráneas recomendada, es la semestral, por lo cual será la frecuencia de monitoreo que se empleará en el Cierre del Botadero de Cuevo, considerando la red de pozos de monitoreo implementada en el proyecto.

Los parámetros exigidos son los siguientes:

Tabla 27. Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Subterráneas

Parámetro	Frecuencia
PH	Semestral
Conductividad eléctrica	Semestral
Oxígeno Disuelto	Semestral
Metales pesados	Semestral
DQO, DBO	Semestral
Amoniaco	Semestral
Nitritos	Semestral
Nitratos	Semestral

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

### 7.2.4.4 Monitoreo de las aguas superficiales

El monitoreo de aguas superficiales es imprescindible el primer año del cierre técnico, posteriormente se realizará de manera rutinaria cuando se tengan sospechas sobre afectación a la calidad del agua superficial.

### 7.2.4.5 Monitoreo de lixiviado

El monitoreo de lixiviado será realizado de acuerdo a las recomendaciones de la normativa con una frecuencia semestral durante los primeros 5 años, posteriormente se reducirá a una frecuencia a anual.

### 7.2.4.6 Monitoreo de Biogás

El monitoreo de Biogás según establece la Guía de Cierre técnico de Botaderos, debe realizarse con los siguientes parámetros, equipos y frecuencias, el GAMC, debe equiparse con el explosímetro y flujómetro para realizar dichas mediciones en campo, las mediciones de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>, deben hacerse con laboratorio acreditado.

Tabla 28. Parámetros exigidos de monitoreo de biogás

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
-----------	--------	---------	------------



Composición del biogás: CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	Cromatografía de gases u otro aceptado	Cromatografía de gases u otra técnica aceptada	Bimestral
Explosividad y toxicidad	Explosímetro digital	Lectura directa en campo	Mensual
Flujo	Flujo metro	Lectura directa en campo	Mensual

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

#### 7.2.4.7 Monitoreo del Aire

Para el monitoreo de Aire se requieren mediciones mensuales los dos primeros años, posteriormente serán suficientes monitoreos anuales los parámetros a monitorear son los siguientes:

Tabla 29. Parámetros exigidos para el Monitoreo del Aire

Parámetro	Equipo	Técnica	Frecuencia
Partículas totales en suspensión	Equipo para alto volumen	Muestreo de alto volumen	Mensuales
Partículas biológicas viables	Equipo de laboratorio para medición de colonias de bacterias en el aire	Incubación, conteo de colonias	Mensuales
Ruido	Sonómetro	Según el manual	Mensuales

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos

#### 7.2.4.8 Monitoreo del suelo

El monitoreo de suelo se realizará al momento de preparar la línea base, se busca monitorear la presencia de metales pesados o compuestos volátiles, posteriormente solo se realizará en caso de sospecha de contaminación, los parámetros son los siguientes:

Tabla 30. Parámetros exigidos para el Monitoreo del Suelo

Parámetro	Frecuencia
Metales pesados (Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Se, Ag, Tl, V, Zn)	En caso de sospechar su presencia
Compuestos orgánicos volátiles o semivolátiles.	En caso de sospechar su presencia.

Fuente: Guía para el Cierre Técnico de Botaderos



## 7.3 Relleno Sanitario

### 7.3.1 Cálculos preliminares

#### 7.3.1.1 Proyección de la Población

Tomando en cuenta que la población actual del área urbana del municipio de Cuevo estimada en el “Diagnostico territorial del Chaco Cruceño - Municipio de Cuevo” es de 3582 habitantes para la gestión 2020, se ha realizado la proyección de población hasta el 2026, en función de la tasa de crecimiento intercensal 2001-2012, la cual es de 3.15%. En función de estos criterios se ha obtenido la siguiente proyección poblacional.

Tabla 31. Proyección poblacional del Área urbana del Municipio de Cuevo

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Habitantes	3.582	3.708	3.838	3.973	4.113	4.258	4.407

Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.3.1.1.1 Producción per cápita y generación total de residuos

La producción per cápita de residuos sólidos del municipio de Cuevo alcanza un valor de 0,425 kg/Hab/Día, y la PPC No domiciliaria de 0.075 kg/Hab/día. Siendo la PPC municipal con un valor de 0,50 kg/ha/día, la generación total de residuos en la gestión 2020 se estima a un total de 653.72 Tn.

La proyección de la PPC asumiendo que se incrementara a la misma tasa de crecimiento poblacional se detalla en la siguiente tabla, adicionalmente en función de estas proyecciones se puede estimar el incremento de la generación diaria y la generación anual de residuos.

DATO / AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Habitantes	3.582	3.708	3.838	3.973	4.113	4.258	4.407
PPC Municipal	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,59	0,62
Generación de residuos kg/día	1791,00	1919,18	2056,53	2203,70	2361,42	2530,42	2711,51
Generación de residuos Tn/día	1,79	1,92	2,06	2,20	2,36	2,53	2,71
Generación de residuos Tn/año	653,72	700,50	750,63	804,35	861,92	923,60	989,70

Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.3.1.1.2 Cálculo del Área del relleno sanitario

Todos los diseños de la nueva celda de operación se realizaron en función de la disponibilidad de terreno, en función del tamaño del predio se ubicaron todas las instalaciones y se determinó la Vida útil del relleno.

#### 7.3.1.2 Estudio de caracterización de residuos sólidos

Para la caracterización de residuos sólidos se cuentan con el estudio de Diagnostico territorial del Chaco Cruceño, el mismo incorpora la caracterización de residuos del municipio de Cuevo, los principales resultados de la caracterización son los siguientes:



**Tabla 32. Generación de residuos sólidos domiciliarios**

POBLACION (HAB)	PPC (KG/HAB.D IA)	GENERACION DIARIA (KG/DIA)	GEN DIARIA (TON/DIA)	GEN SEMANAL (TON/SEM)	GEN ANUAL (TON/AÑO)
3.582	0,425	1.522	1,52	10,65	555,65

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo<sup>16</sup>

La generación de residuos en domicilios alcanza a un promedio de 1.52 tn/día, estos residuos constituyen el 85% de los residuos municipales, el resto de los residuos está compuesto por otras fuentes generadoras identificadas en las siguientes tablas:

**Tabla 33. Generación total por fuente no domiciliarias**

FUENTE GENERADORA	KG/DIA
COMERCIALES	142,13
INSTITUCIONALES	107,55
HOSPITALARIOS	18,41
GENERACION NO DOMICILIARIA KG/DIA	268,09

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo

**Tabla 34. Estimación PPC no domiciliario**

CALCULO PPC NO DOMICILIARIO	DATOS
GENERACION NO DOMICILIARIO (KG/DIA)	268,09
POBLACION URBANA (HAB)	3.582
PPC NO DOMICILIARIO (KG/HAB.DIA)	0,075

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo

Tomando en cuenta estos resultados, la generación no domiciliaria de 0.075 kg/hab.día, sumada a la generación domiciliaria 0.425 kg/hab.día, nos da un PPC municipal de 0.562 kg/hab.día, lo cual representa una generación municipal total de 0.50 Tn/día y de 313.72 Tn/año.

**Tabla 35. Resumen de la generación de residuos sólidos gestión 2020**

RESUMEN ANALISIS DE GENERACION	VALO	UNIDAD
PRODUCCION PERCAPITA DOMICILIARIOS	0,43	KG/HAB.DI
PRODUCCION PERCAPITA NO DOMICILIARIO	0,07	KG/HAB.DI
PRODUCCION PERCAPITA MUNICIPAL	0,50	KG/HAB.DI
GENERACION DOMICILIARIA DIARIA	1,52	TON/DIA
GENERACION DOMICILIARIA ANUAL	555,66	TON/AÑO
GENERACION TOTAL MUNICIPAL DIARIA	1,79	TON/DIA

<sup>16</sup> GA HOOLE SRL - "Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo", Gestión 2020.

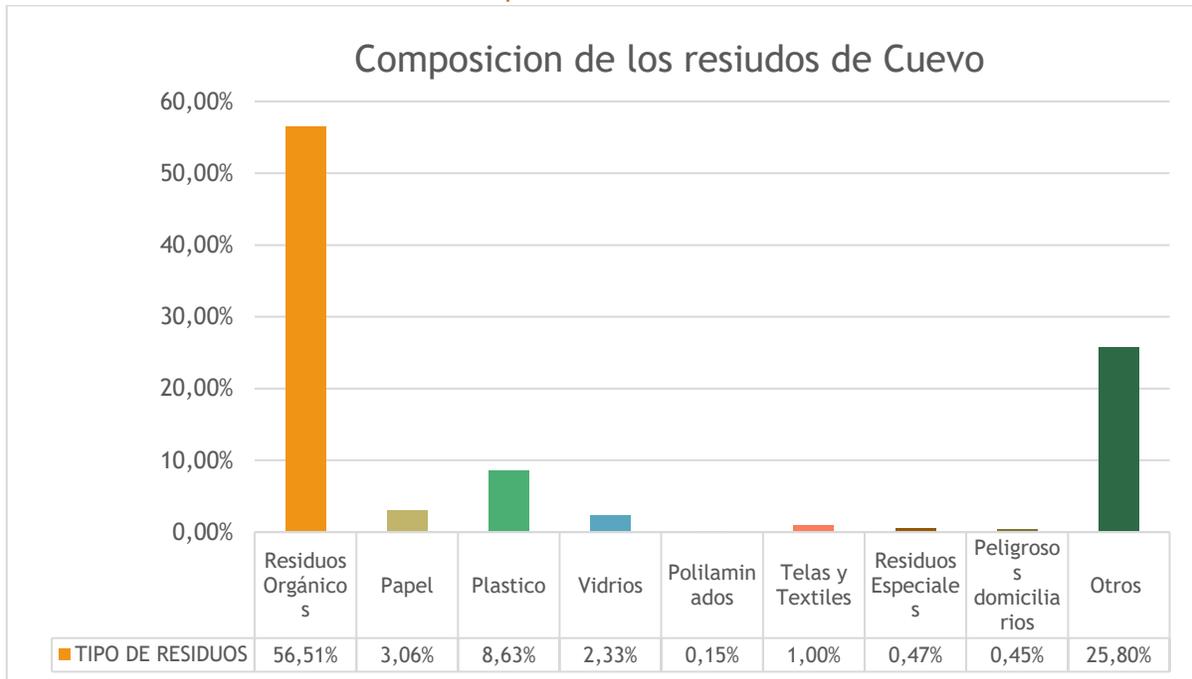


GENERACION TOTAL MUNICIPAL ANUAL	653,51	TON/AÑO
----------------------------------	--------	---------

Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo

La composición de estos residuos, nos muestra que los residuos orgánicos, alcanzan a un 56.51% del total de los residuos del área urbana de Cuevo, el 8,63% son plásticos y el 3.06% papel y cartón, el 25,81 % son residuos no aprovechables, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

Grafico 3. Composición física de residuos solidos



Fuente: Diagnostico Territorial del Chaco - Municipio de Cuevo

### 7.3.1.3 Residuos aceptables en el relleno sanitario habilitado

De acuerdo a la Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios, los residuos que serán aceptados y los que no serán aceptados en el relleno habilitado son:

Clasificación	Tipo de residuo	Celdas comunes		Celda peligrosos		Sistemas de tratamiento y/o aprovechamiento	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
Residuos comunes (1)	Residuos Domiciliarios	X				X	
	Residuos Comerciales	X				X	
	Residuos Institucionales	X				X	
	Residuos de los Servicios de Barrido y limpieza	X					X



Clasificación	Tipo de residuo	Celdas comunes		Celda peligrosos		Sistemas de tratamiento y/o aprovechamiento	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
	Residuos de mantenimiento de áreas verdes	X				X	
	Residuos asimilables de establecimientos de salud	X					X
	Residuos industriales asimilables a comunes	X				X	
	Otros Residuos asimilables a comunes	X				X	
Residuos especiales	Vehículos		X			X	
	Residuos Voluminosos de muebles		X			X	
	Residuos de metal voluminosos		X			X	
	Residuos eléctricos y electrónicos		X	X		X	
	Llantas y neumáticos	X				X	
	Restos de matadero		X			X	
	Animales muertos		X	X		X	
	Lodos de tratamiento y limpieza de drenajes pluviales		X	X		X	
	Residuos forestales		X			X	
	Residuos de la construcción y demolición		X			X	
Residuos peligrosos	Residuos peligrosos municipales		X	X		X	
	Residuos de servicios de mantenimiento de maquinaria y vehículos		X	X		X	
	Lodos de tratamiento y limpieza de drenajes pluviales (Sin tratar)		X	X		X	

(1) En el máximo de los esfuerzos deberían llegar a la disposición final solo de los residuos no aprovechables

Fuente: Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios

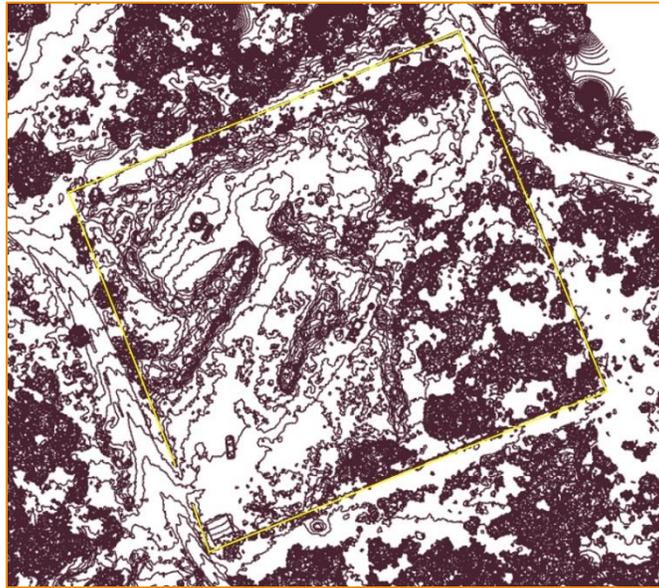
### 7.3.1.4 Estudios de campo y Diseño

#### 7.3.1.4.1 Estudio topográfico

En la gestión 2021, se ha realizado un levantamiento topográfico empleando un vuelo de Dron, el mismo ha permitido la obtención de curvas de nivel cada 20 cm, reflejadas en la imagen 7, adicionalmente se ha elaborado un Modelo Digital de evaluación imagen 8.

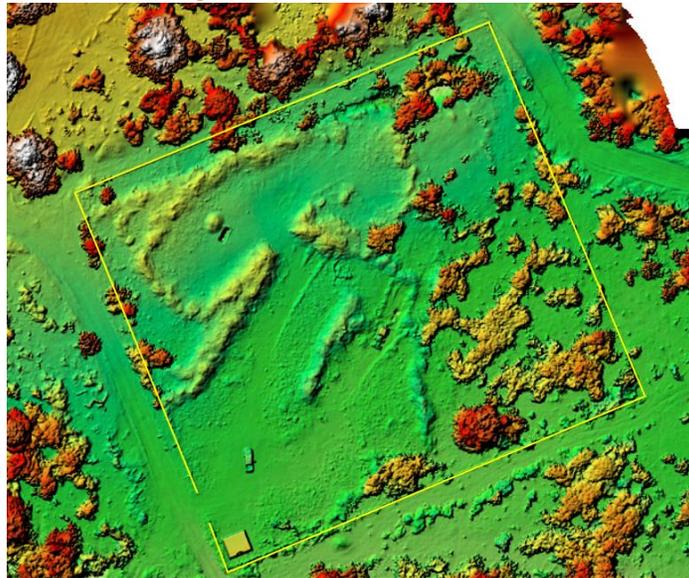


Imagen 8. Curvas de nivel cada 20 cm levantamiento octubre 2021



Fuente: Elaboración propia en base a vuelo de Dron octubre 2021

Imagen 9. Modelo Digital de Elevación - Levantamiento octubre 2021



Fuente: Elaboración propia en base a vuelo de Dron octubre 2021

La pendiente del área del botadero tiene dirección Sur-este, con un valor de 2 %, por lo cual el terreno es clasificado como Plano, en el Modelo digital de elevación se puede apreciar las acumulaciones de residuos de los residuos y su dispersión en el predio del botadero.

#### 7.3.1.4.2 Estudio geotécnico

a) Suelo

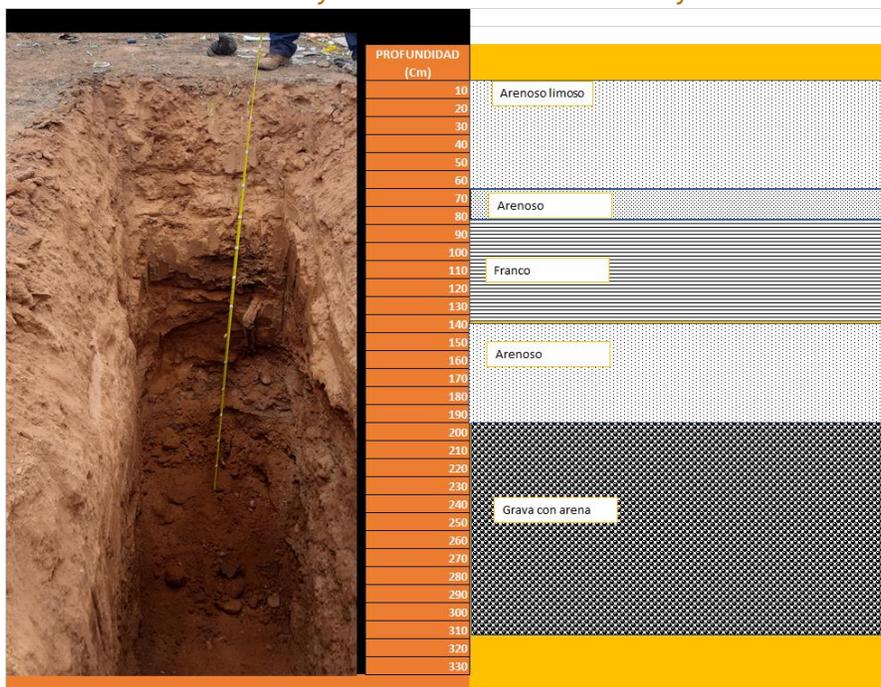


El Suelo del predio del botadero de Cuevo es un suelo coluvial, con presencia de estratos de arena, arcilla y grava, razón por la que es un suelo joven en proceso de desarrollo y está conformado por estratos conformados por los depósitos aluviales y coluviales.

#### b) Textura del Suelo

Para la identificación de los horizontes del suelo y su composición textural, se ha realizado una calicata dentro del predio, la cual ha alcanzado una profundidad de 1,60 m el detalle del perfil analizado se describe en la siguiente figura:

Grafico 4. Perfil de suelo y determinación de estratos y clasificación textural



Fuente: Elaboración propia 2021

Si bien superficialmente el suelo presenta una textura areno limosa (70 cm), por debajo de esta capa se presentan estratos con textura gruesa más arenosa 17 cm, posteriormente se presenta un estrato franco con un espesor de 63 cm y por debajo estratos de textura gruesa hasta los 3 metros de profundidad.

Se tomaron 3 calicatas cuya ubicación y descripción de estratos se presentan en el **anexo 4**

Para la determinación de la textura se emplearon ensayos al tacto como se detalla en la siguiente composición fotográfica:



### Fotografía 3

### Ensayos de textura al tacto



Fuente: Elaboración propia 2021

#### 7.3.1.4.3 Estudio geológico

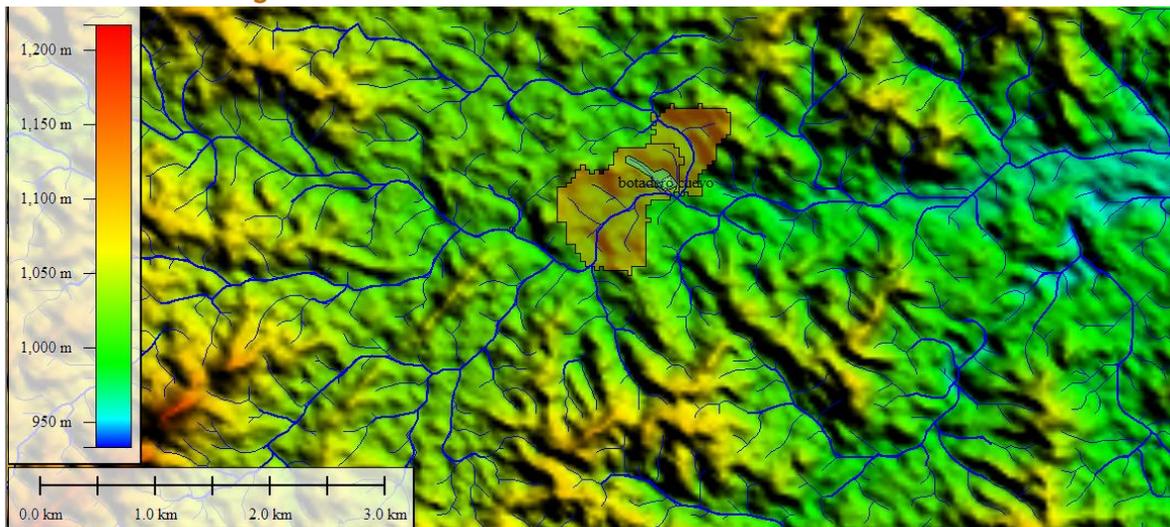
El estudio geológico se encuentra anexo al presente documento (Anexo 1)

#### 7.3.1.4.4 Estudio Hidrológico

Se han generado cuencas y microcuencas en base a la poligonal georreferenciada hasta 4to orden según el software, posterior al análisis de las microcuencas se ha delimitado una microcuenca de menor dimensión que vaya en aporte a la poligonal y de ahí se ha determinado mediante el método de numero de curva, extrayendo toda la información de superficie cotas y otros.

En el botadero de Cuevo se observa una subcuenca que influye directamente sobre él, sin embargo, se tomó en cuenta que en la parte Nor este colinda con un camino vecinal que hace un corte y claramente se ve un afluente en esa parte. Al otro lado en el límite noroeste del predio, la subcuenca esta subdividida por la topografía generando otro afluente y dejando una franja al centro. Dicha franja fue graficada y esta es tomada como el área de aporte al sector del Botadero.

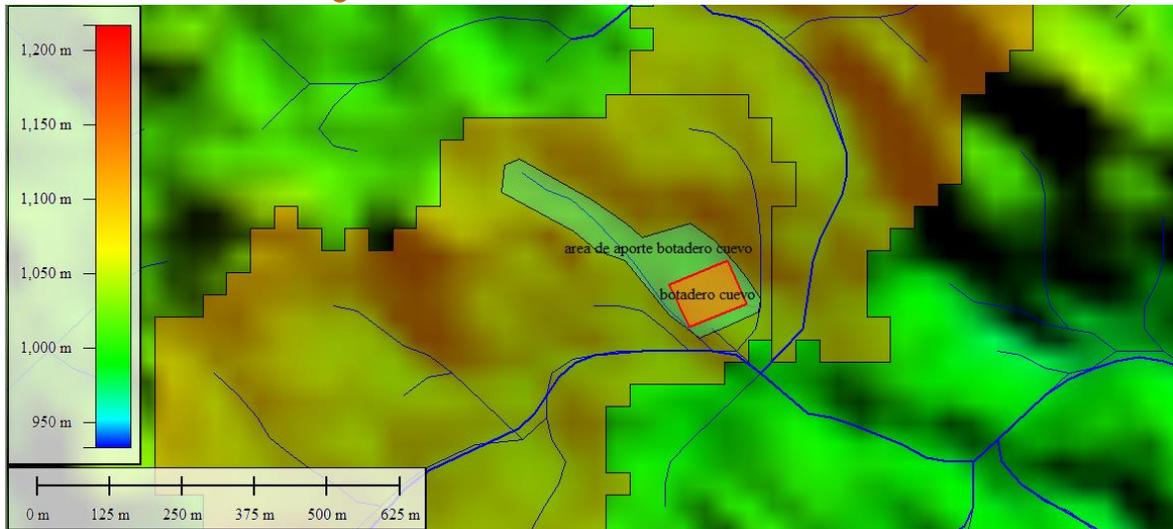
Figura 12 Ubicación de las cuencas alrededor del Botadero



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo



Figura 13 Ubicación de la cuenca del Botadero



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

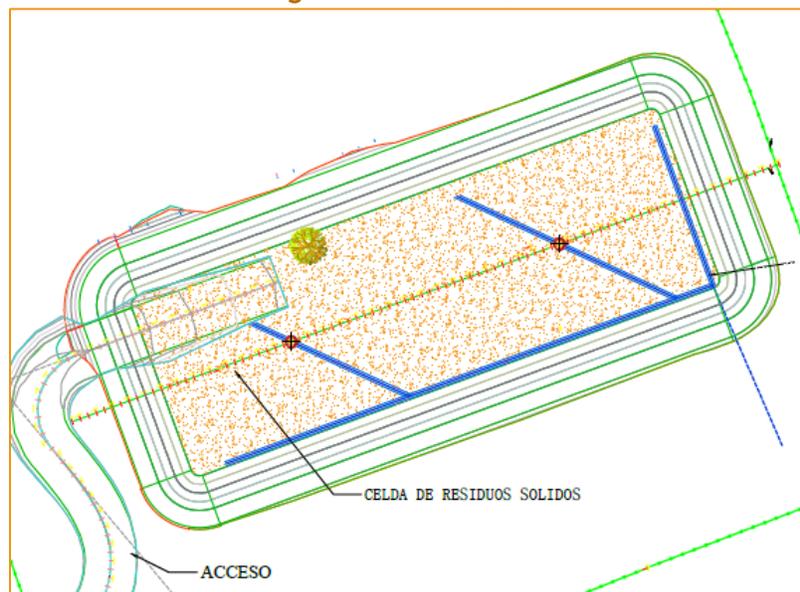
### 7.3.1.5 Diseño del relleno sanitario

#### 7.3.1.5.1 Método de Construcción del relleno

El método de construcción del relleno de Cuevo será el método combinado, combinando por etapas el método de Trinchera o zanja con el método de Área, su objetivo es el mejor aprovechamiento del terreno y las instalaciones construidas para la operación de la celda,

En la etapa de operación por el método Trinchera, se construirá la CELDA 1, la cual tiene 22 m de ancho por 65 m de largo en la base y 30 m de ancho y 73 m de Larco en la superficie, la profundidad de la celda es de 2 m.

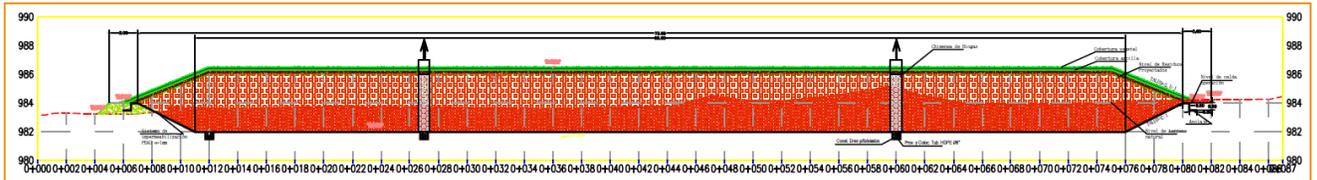
Figura 14 Diseño CELDA 1





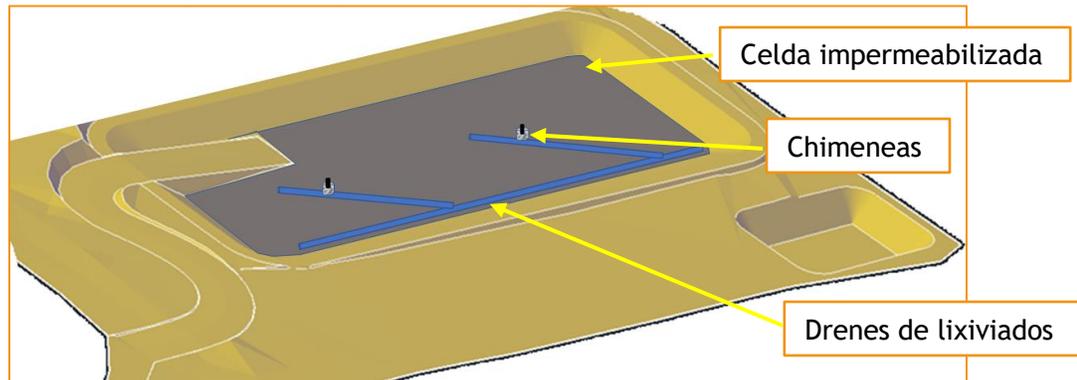
Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

Figura 15 Perfil de la celda de operación



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

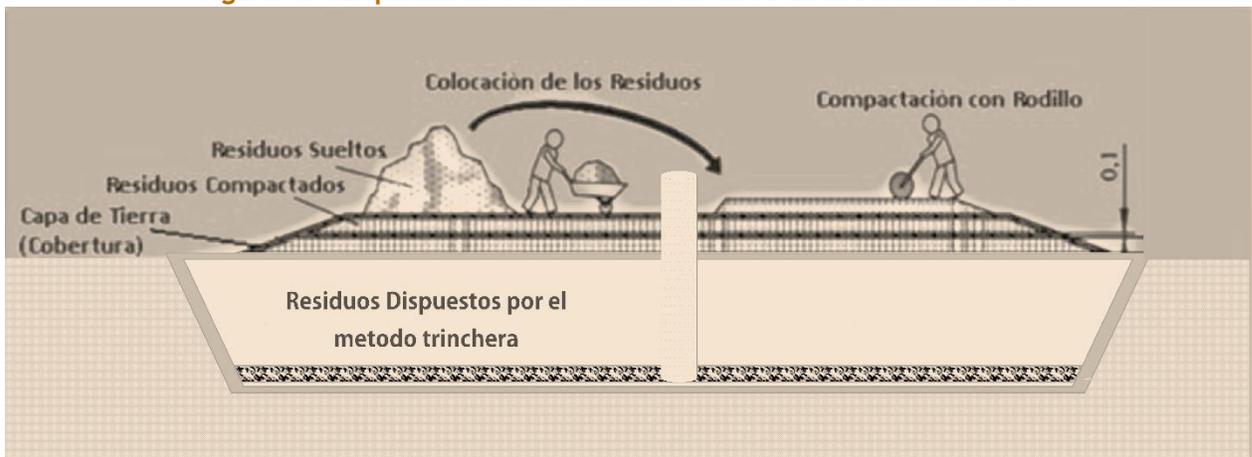
Figura 16 Esquema de las instalaciones de la CELDA1



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

En la etapa de operación del método de Área, se implementarán por capas compactadas manualmente, una vez que la celda haya llegado a nivel de coronamiento

Figura 17 Esquema de construcción de la celda método de Área



Fuente: adecuación de la guía de diseño y construcción de rellenos sanitarios



### 7.3.1.5.2 Cálculo de capacidad Volumétrica de la celda

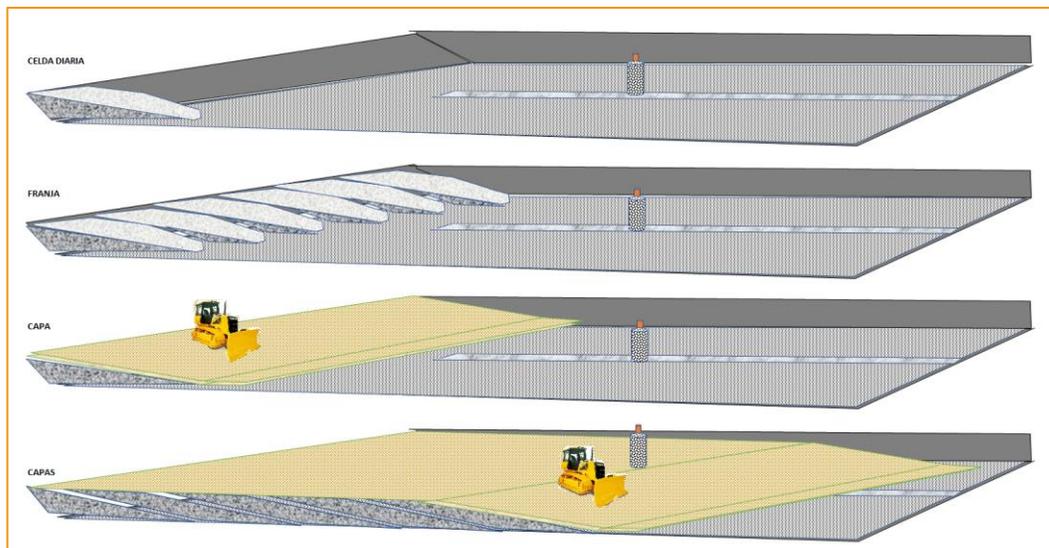
De acuerdo al Diseño de la celda de operación del relleno sanitario, la capacidad volumétrica de la celda durante la operación en la metodología trinchera es de 3.593,1m<sup>3</sup>, por otro lado, de acuerdo a diseño la capacidad volumétrica de la disposición de residuos en área es de 3.385,8m<sup>3</sup>, considerando ambos volúmenes de trabajo denominado como método combinado, la capacidad volumétrica total de la celda de operación del relleno es de 6.978,9 m<sup>3</sup>

### 7.3.1.5.3 Diseño de la celda diaria

Para la operación de la Celda diaria, el relleno será estructurado en Capas, franjas y celdas diarias La celda diaria de residuos será depositada de manera ordenada en el sector asignado dentro de la franja definida para la operación mensual.

La compactación y cobertura será realizada diariamente en caso de ser factible, sin embargo, se puede abaratar costos realizando una compactación y cobertura por franjas y capas empleando maquinaria una vez al mes, de manera que se pueda realizar un mejor compactado y nivelación de la cobertura de la franja.

**Figura 18 Esquema de la operación en celda diaria, franja y capa en el método trinchera**



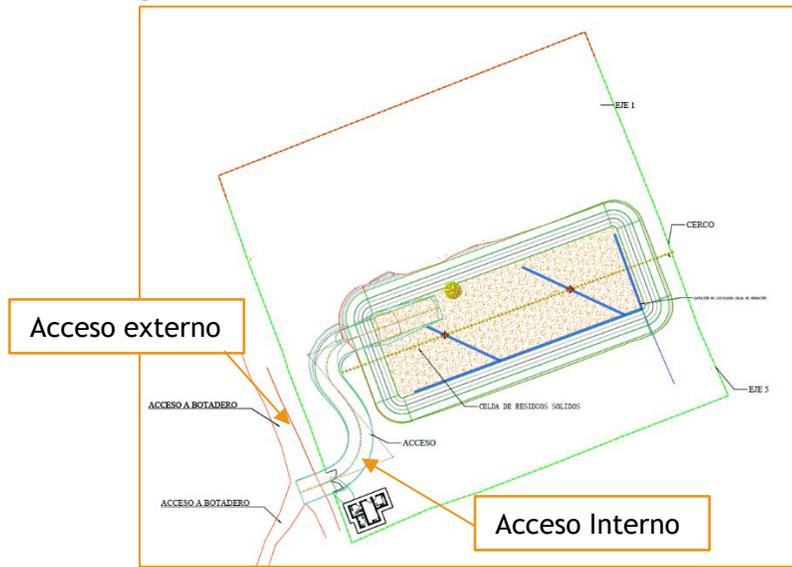
Fuente: Elaboración propia 2021

### 7.3.1.5.4 Habilitación de Vías de acceso

Las vías habilitadas para la operación del relleno incluyen el acceso principal y la conexión con el área de descarga dentro y fuera de la celda dependiendo del momento de operación para el caso de Cuevo las vías de acceso a la celda de operación están diseñadas de la siguiente forma



Figura 19 Plano de vías interno relleno sanitario de Cuevo



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

### 7.3.1.5.5 Diseño del sistema de Drenaje Pluvial

Con el propósito de evacuar la escorrentía superficial natural y artificial en el relleno, se deben manejar las aguas pluviales del relleno internamente para esto se implementará una cuneta intermedia (coronamiento de la celda en operación) para evitar que el agua pluvial se infiltre en la celda de operación incrementando el volumen de lixiviados y gases, adicionalmente se implementará una cuneta de coronamiento y perimetral, en función de las pendientes naturales del relleno

Figura 20 Cuneta de drenaje pluvial a nivel de coronamiento Celda en operación



Fuente: Proyecto técnico elaborado para la rehabilitación del botadero de Cuevo

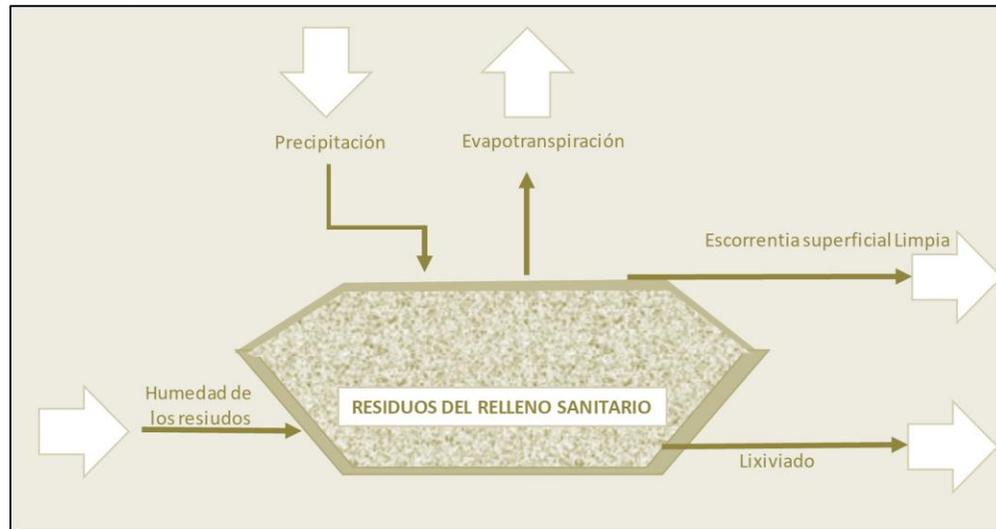


### 7.3.1.5.6 Lixiviados manejo y tratamiento

**Formación de lixiviado:** en el caso de Cuevo, el lixiviado se generaría por los siguientes aportes:

Lixiviado= Agua de residuos + Infiltración del agua de lluvia + Entradas de aguas subterráneas

**Figura 21 Formación de lixiviados en un sitio de Disposición Final**



Fuente: Elaboración propia en base a la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios, MMAyA 2012

#### **Cálculo de generación de Lixiviado:**

Para el cálculo de la generación de lixiviado se empleó el método suizo Método Suizo

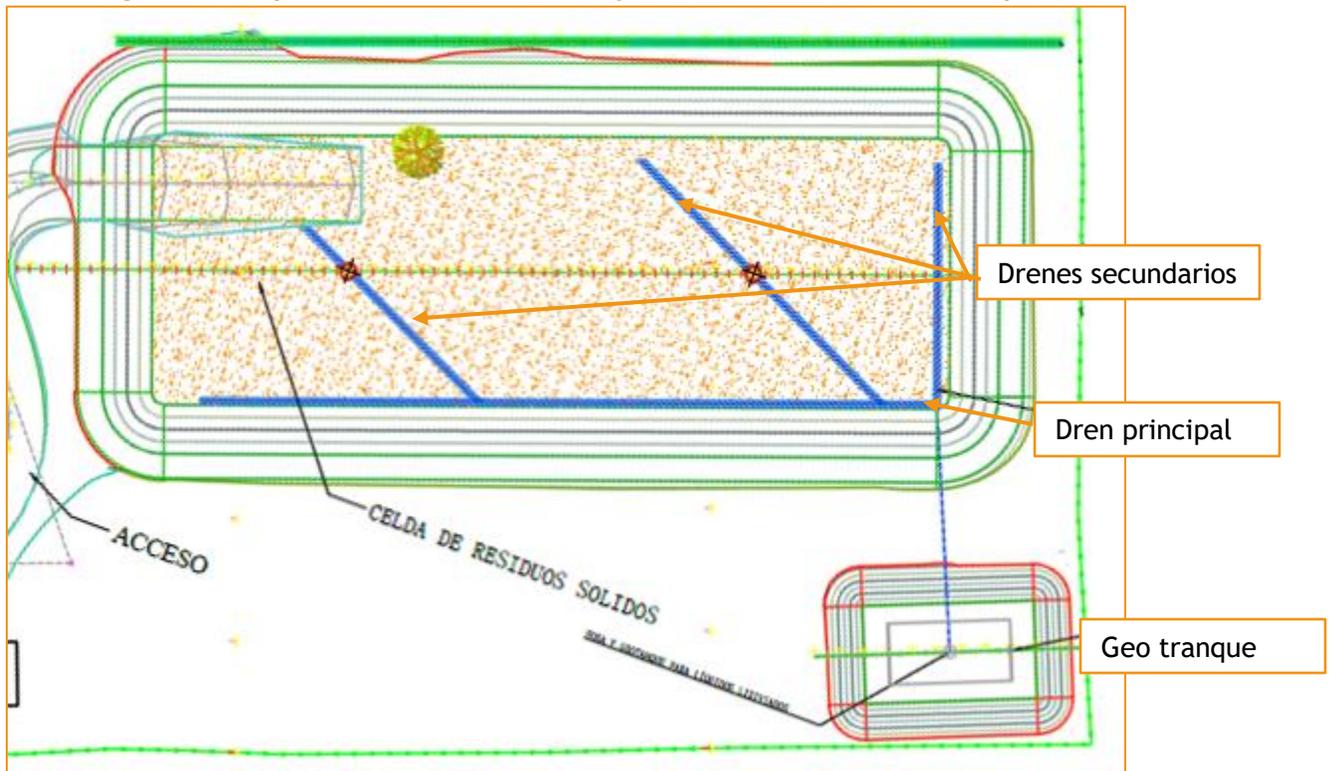
#### **Diseño del sistema de drenajes de lixiviado:**

El drenaje de lixiviados será realizado en dos niveles, a nivel de desplante y a nivel intermedio

El diseño del sistema de drenaje a nivel de desplante es el siguiente:



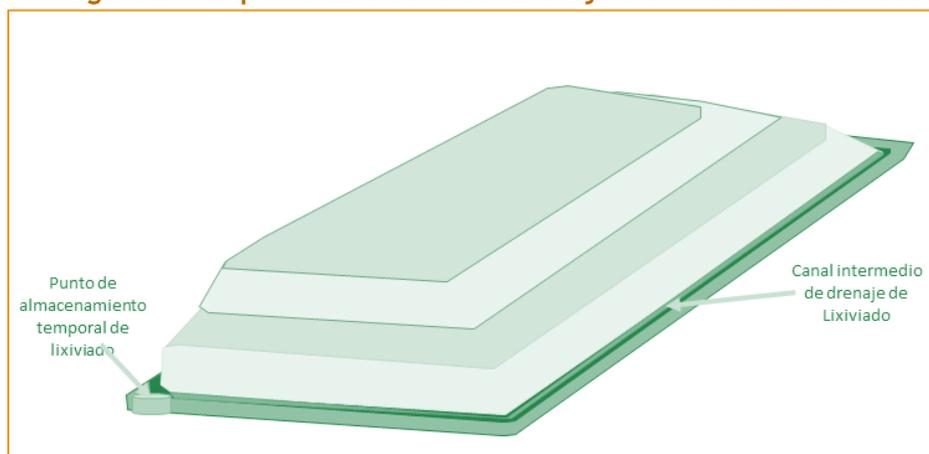
Figura 22 Esquema del diseño de drenaje de lixiviados a nivel de desplante



Fuente: Guía de Diseño, Construcción Operación Y cierre de rellenos sanitarios

El drenaje intermedio será implementado a nivel de coronamiento de la celda de acuerdo al siguiente esquema cuando se implemente la metodología de Área, después de hacer una evaluación in situ sobre su pertinencia:

Figura 23 Esquema de Diseño del drenaje intermedio de lixiviados



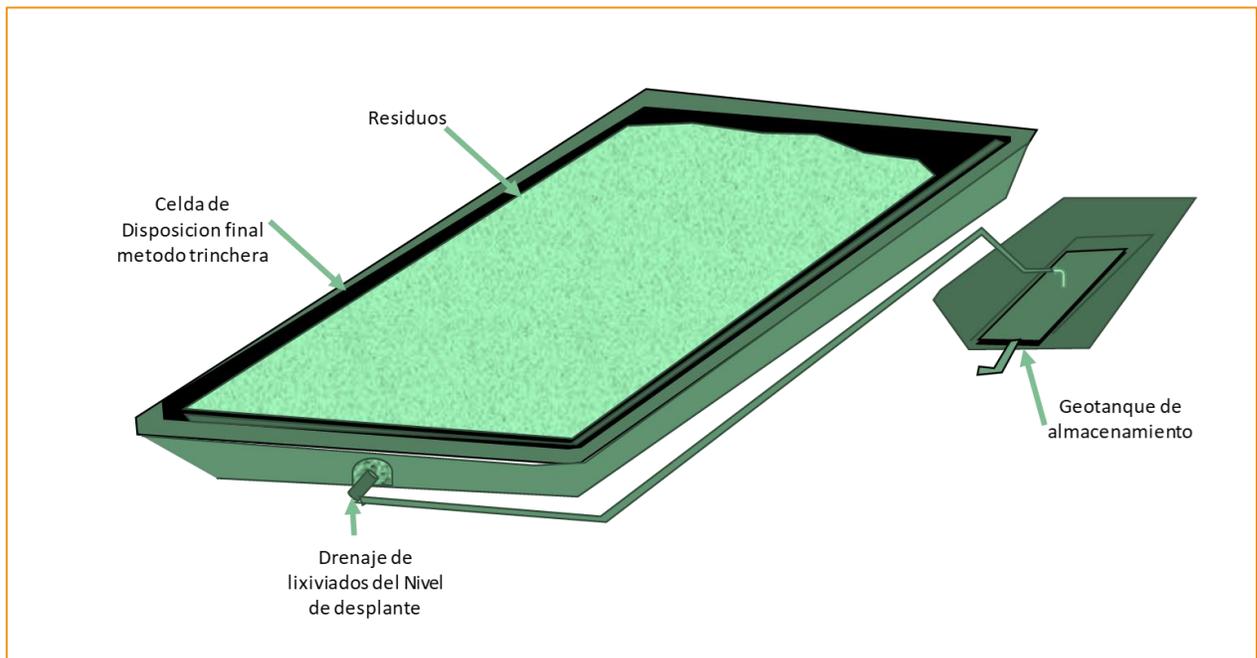
Fuente: elaboración propia

**Almacenamiento de Lixiviado:**



Para el almacenamiento de lixiviados, se implementará un Geo tanque (Aljibe), el cual permitirá almacenar el lixiviado generado por el relleno, para su posterior tratamiento, la capacidad de este Geo tanque es de 50 m<sup>3</sup>.

**Figura 24 Esquema de ubicación y características del sistema de almacenamiento de lixiviados**



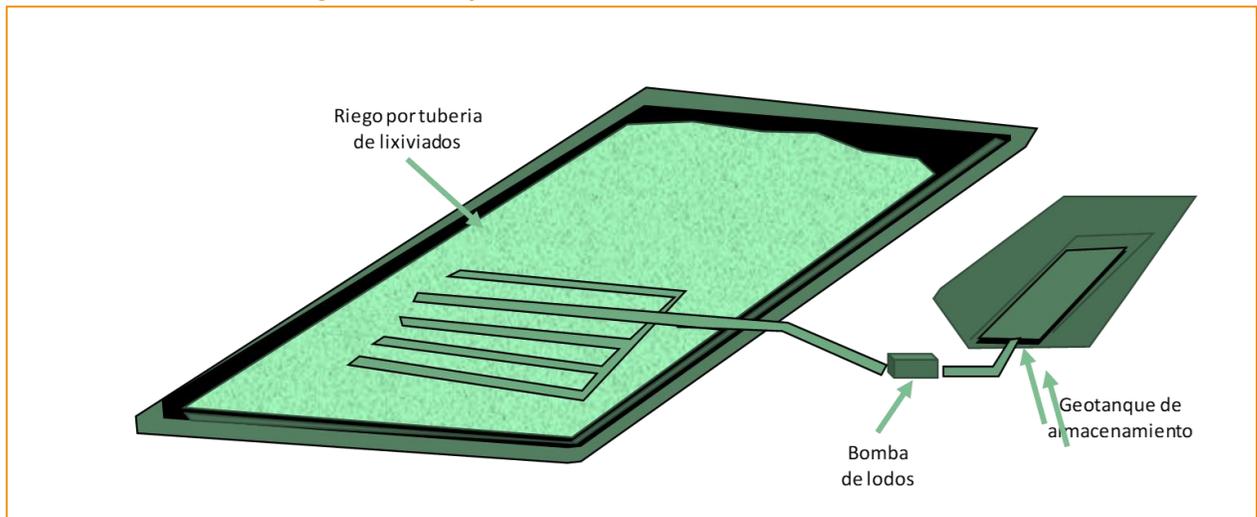
Fuente: Elaboración propia 2021

#### Tratamiento de lixiviados:

Para el tratamiento de lixiviados se aplicará la metodología recomendada por la Guía de Diseño, Construcción, operación, mantenimiento y Cierre de rellenos sanitarios, la cual recomienda para rellenos manuales la recirculación y evaporación de lixiviado.



Figura 25 Esquema de recirculación de lixiviados



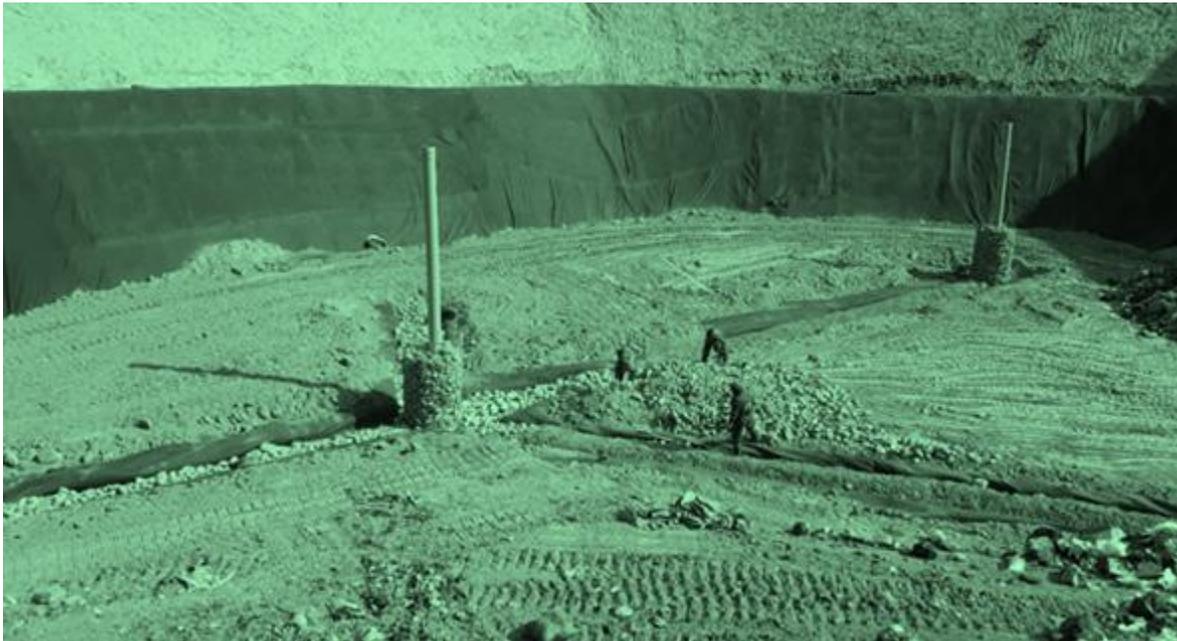
Fuente: Elaboración propia 2021

### 7.3.1.5.7 Gases manejo y tratamiento

El sistema de drenaje instalado para el relleno de Cuevo, será el drenaje Pasivo, el cual será instalado mediante un sistema de ventilación de pozos armados de piedra con tubería de PVC perforada revestida en piedra o concreto, que funciona a manera de chimenea, desde el nivel de desplante hasta la superficie.

El esquema de las instalaciones es el siguiente:

Figura 26 Ejemplo de la instalación de chimeneas

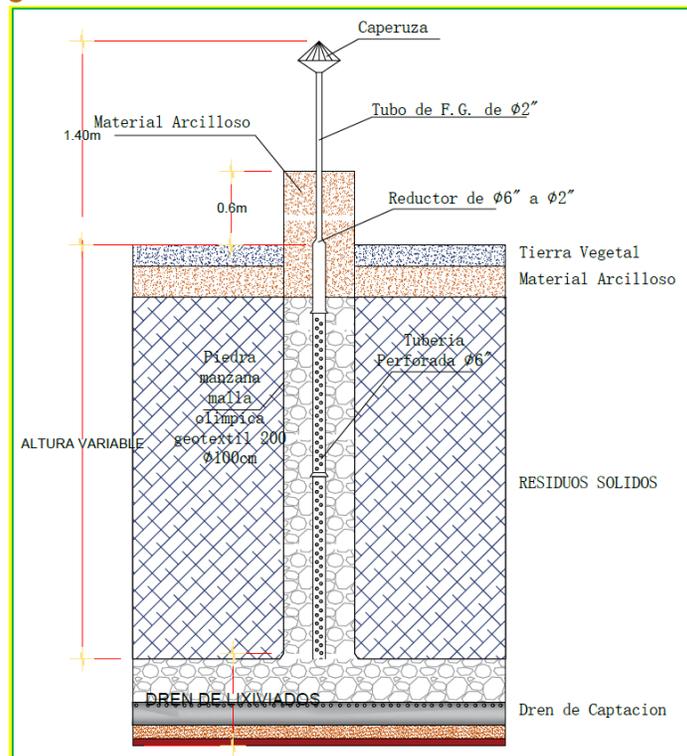


Fuente: Relleno Sanitario Saka Churu La Paz, Bolivia 2020

Los detalles constructivos se muestran a continuación:



Figura 27 Detalles constructivos de las Chimeneas de Biogás



Fuente: Robery Corp. Engineering MSK S.R.L. Plan De Cierre Botadero de Cuevo 2020

Las chimeneas instaladas durante los dos primeros años funcionaran como chimeneas de venteo pasivo, a partir de la generación de biogás (CH<sub>4</sub>), en el 3er o 4to año se iniciará con la quema controlada de las chimeneas.

### 7.3.1.6 Construcción del relleno Sanitario

#### 7.3.1.6.1 Preparación del terreno para la construcción y operación del relleno sanitario

El predio del Botadero de Cuevo será limpiado de los residuos dispersos, una vez que se concluya la limpieza se realizará el replanteo del proyecto.

#### 7.3.1.6.2 Construcción de la capa base

En función a la disponibilidad de recursos, se podrá implementar una capa base de arcilla en el área donde se implementará la celda de operación

#### 7.3.1.6.3 Uso de geo sintéticos

La Celda de operación será impermeabilizada, siguiendo el procedimiento establecido en la Guía de Diseño, Construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos.

La cantidad de composición del Paquete de impermeabilización a ser empleado es el siguiente:



Figura 28 Paquete de impermeabilización empleado



Fuente; Elaboración propia, en base a la Guía de Rellenos sanitarios

#### 7.3.1.6.4 Seguridad y estabilidad del relleno sanitario

Para evitar la caída de materia, derrumbes o desplomes en la celda de Operación, se manejarán 2 criterios durante la operación y cierre del relleno:

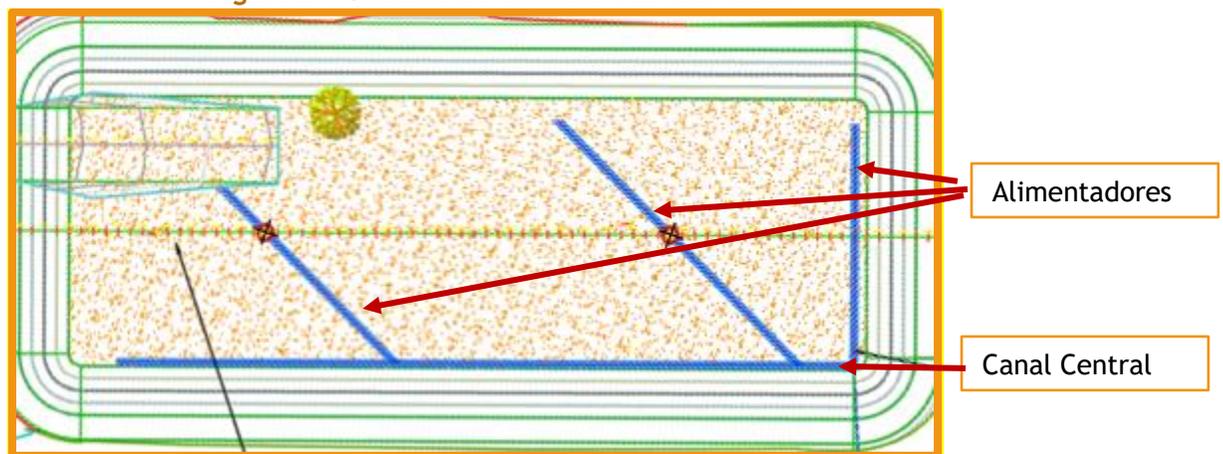
Durante la operación de la celda en la metodología de trinchera, las pendientes de las capas conformadas tendrán una pendiente de 1:5

Una vez que se inicie la operación por la metodología de área, los taludes conformados manejarán una pendiente de 1:3

#### 7.3.1.6.5 Sistema de colección de lixiviados

El sistema de colección de lixiviados consistirá en un canal central de recolección y alimentadores transversales en forma de espina de pez. Cada uno de los canales tiene una tubería perforada ubicada en el ápice invertido de cada canal.

Figura 29 Sistema de colección de lixiviados



Fuente: Guía de Diseño, Construcción Operación Y cierre de rellenos sanitarios

El diámetro de la tubería de colección será de 4", y estarán instalados con una pendiente de 2%



### 7.3.1.6.6 Sistema de Drenaje pasivo para gases del relleno sanitario

Para el relleno sanitario de Cuevo, se construirán chimeneas con diámetro mayor a 0,5 m.

La cantidad de chimeneas que tendrá la celda de operación será de 2 chimeneas el detalle constructivo ya fue detallado

### 7.3.1.6.7 Obras complementarias

- ✓ Cartel de información y señalización
- ✓ Cerca perimetral
- ✓ Puerta y caseta de vigilancia
- ✓ Caseta de pesaje y báscula (si aplica)
- ✓ Área administrativa (si aplica)
- ✓ Área para servicios de primeros auxilios
- ✓ Servicios sanitarios y eléctricos
- ✓ Almacén (si aplica)
- ✓ Área de mantenimiento de maquinaria y equipo (si aplica)
- ✓ Área de amortiguamiento
- ✓ Caminos internos
- ✓ Canales para aguas de escorrentía

### 7.3.2 Programa de Control y Monitoreo ambiental del Relleno de Cuevo.

Para el control y monitoreo ambiental del Relleno habilitado, se llevará el seguimiento y evaluación permanentes de los elementos naturales (aire, agua, suelo, principalmente) a través de registros continuos, muestreos y análisis de laboratorio, que permitirá evaluar el estado del medio ambiente y los factores que lo condicionan

#### 7.3.2.1 Monitoreo de las aguas superficiales

El monitoreo de Aguas superficiales, tiene el objetivo de garantizar que el relleno sanitario está funcionando sobre lo previsto y que el sistema de impermeabilización implementado está funcionando adecuadamente.

En el caso de Cuevo el cuerpo de agua más próximo se encuentra 1 metro por encima del nivel del botadero, por lo cual superficialmente el relleno no podría tener influencia, sin embargo, en medio del botadero se tiene una pequeña lagunilla que debe ser monitoreada para evaluar los impactos del relleno, los parámetros recomendados son los siguientes:

**Tabla 36. Frecuencia de Muestreo de Parámetros de Calidad de las Aguas Superficiales**

Parámetro	Frecuencia
PH	Semestral
Conductividad eléctrica	Semestral
Oxígeno Disuelto	Semestral



Metales pesados	Semestral
DQO, DBO	Semestral
Amoniaco	Semestral
Nitritos	Semestral
Nitratos	Semestral

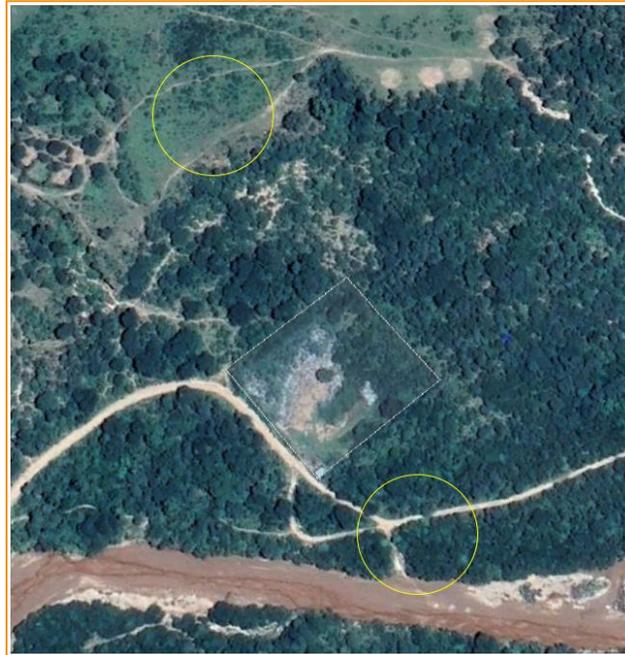
Fuente: Guía de Diseño Construcción operación y cierre de Rellenos sanitarios

### 7.3.2.2 Monitoreo de aguas subterráneas

Al igual que en caso de las aguas superficiales, el objetivo de monitorear aguas subterráneas es el de verificar que los sistemas de impermeabilización funcionan apropiadamente y que no se estarían generando filtraciones que contaminen las aguas subterráneas.

La red de monitoreo que se implementó para el sector de cierre del botadero servirá para monitorear las aguas subterráneas en la operación del relleno.

Imagen 10. Ubicación sugerida para los pozos de monitoreo



Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de monitoreo son los mismos que se monitorean en las aguas superficiales

### 7.3.2.3 Monitoreo del sistema de captación conducción y tratamiento de lixiviado.

Como parte del monitoreo de lixiviado, se debe realizar controles de limpieza y fisuras en los canales o drenes de captación y conducción de los lixiviados, incluyendo el sistema de almacenamiento y recirculación implementado.



Los controles recomendados para el sistema son los siguientes:

- Se realizará el control de la infraestructura, verificando que no existas fugas o agrietamientos que puedan ocasionar derrames
- Se verificará niveles de sedimentos en el Geo tanque
- Se Verificará la capacidad de almacenamiento del Geo tanque antes de la época de lluvia
- Se Realizarán controles analíticos que verifiquen que el tratamiento funciona adecuadamente (volúmenes tratados)

Los parámetros de monitoreo son los mismos que para las aguas superficiales y subterráneas.

#### 7.3.2.4 Control del Tratamiento de gases

Durante la etapa de operación se controlará la construcción de los drenes para gas (chimeneas), evitando que sean golpeados o dañados a medida que se incrementa el nivel de residuos en la celda, se realizará una revisión ocular del funcionamiento de las chimeneas y una limpieza manual rutinaria

Adicionalmente se realizarán inspecciones para detectar emisiones fugitivas y realizar el inmediato sellado de las mismas.

#### 7.3.2.5 Control durante la operación de las celdas

Durante la operación del relleno sanitario, se cuidará el crecimiento y la forma del cuerpo de los residuos conformados cuando se utilice la metodología de trabajo en área, se practicarán las siguientes recomendaciones:

**Peinado de Taludes:** Consiste en el colocado de la capa de sellado y perfilado en los taludes, la pendiente de los taludes guardara una relación 3:1 (H:V)

**Altura actual:** Cuando se inicie el trabajo en Área se debe monitorear la forma y altura del cuerpo de las banquinas conformadas, para evitar asentamientos o corregirlos oportunamente.

**Material Biodegradable:** el porcentaje de materiales orgánicos y otros biodegradables deben ser considerados para monitorear la estabilidad de las banquinas

**Inclinación:** Se debe optimizar la inclinación del talud permanentemente para evitar la desestabilización del talud.

**Nivelación de banquinas:** Las banquinas serán niveladas superficialmente confiriéndoles una inclinación media del 4% para favorecer la evacuación del agua

**Acordonado de banquinas:** al extremo de las banquinas se implementará un cordón de tierra que sirve para contener las aguas pluviales y evitar la erosión de los taludes, adicionalmente permitirá la retención de las semillas

**Instalación de drenes en las banquinas:** Para permitir el escurrimiento de las aguas pluviales se debe implementar un sistema de drenaje que conduzca las aguas pluviales de las banquinas y las evacue en un lugar que no genere erosión y lo conduzca al cauce natural de las aguas superficiales.



### 7.3.2.6 Control de Fuego

En el relleno de Cuevo habrá un gran volumen de material inorgánico con alto poder calorífico, fácilmente inflamable y/o explosivo, que pueden generar incendios normalmente por intervención humana.

Lo más importante es el monitoreo que permitirá apagar incendios apenas se inicien, de manera que se evite que estos se puedan descontrolar generando impactos mayores que incluso puedan afectar a los alrededores.

Se implementará una franja de seguridad mínima entre las instalaciones y la vegetación circundante.

Las medidas preventivas que se tomaran son:

- Elaboración de un plan de emergencias contra incendios
- Instalar extintores portátiles en el área administrativa del Relleno
- Realizar cursos de capacitación al personal
- Prohibir fumar en todo el recinto
- Contar con un banco de tierra cerca a frente de trabajo para apoyar la extinción de incendios
- Controlar el funcionamiento de las chimeneas y emisiones fugitivas
- No usar agua para la extinción de fuegos

En caso de pequeños incendios los pasos a seguir son:

- Cubrir con tierra en abundancia (80 cm)
- Compactación de los residuos
- Realizar estricto control de los focos de incendios presentados para evitar su reactivación

### 7.3.2.7 Control de Plagas

Para el control de moscas y mosquitos se debe cumplir rigurosamente con la cobertura y compactación durante la operación de la celda, adicionalmente se deben cubrir pequeñas depresiones para eliminar lugares de reproducción de mosquitos.

Para el control de ratas y otros roedores, la eliminación de facilidades de alimentación, madrigueras y agua, mediante la cobertura y compactación de residuos y adicionalmente la eliminación de depresiones que puedan almacenar agua, reducirán las probabilidades del desarrollo de este tipo de plagas.

### 7.3.3 Cierre técnico del Relleno Sanitario de Cuevo.

Una vez concluida la vida útil del Relleno Sanitario de Cuevo se debe realizar el cierre técnico de la celda de Operación (Celda1), para realizar el Cierre técnico se empleará la misma metodología empleada para el cierre técnico descrito en el presente documento en los acápite:



7.2 Cierre técnico

7.3 Programa de seguimiento (mantenimiento post cierre)

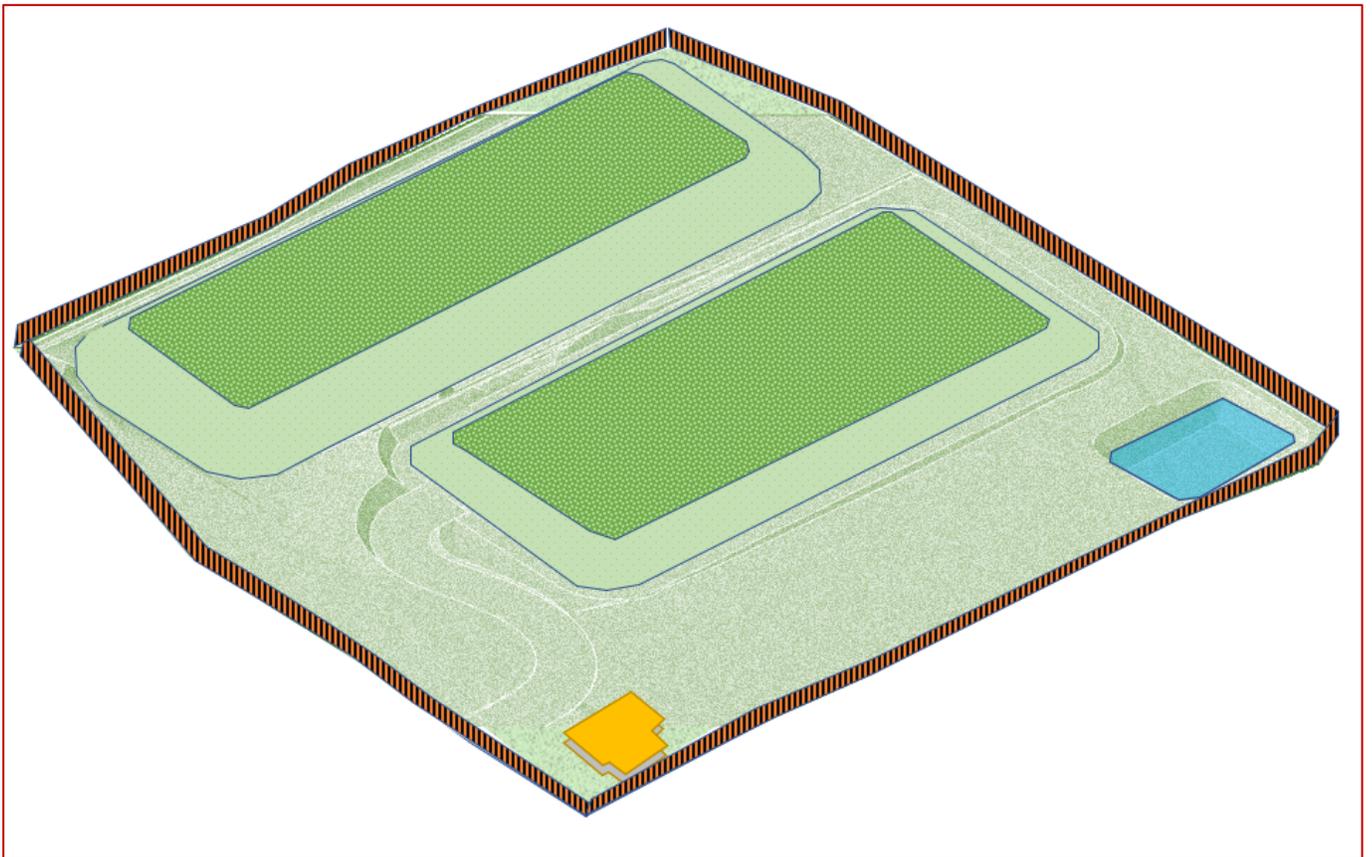
7.4 Programa de control y monitoreo Ambiental

## 8. Plan de Gestión Ambiental

El plan de gestión ambiental de la rehabilitación del relleno de Cuevo, se describe en el Anexo 2.

## 9. Recuperación del Sitio - Uso final del sitio

El uso más apropiado para el lugar será la construcción de un parque temático



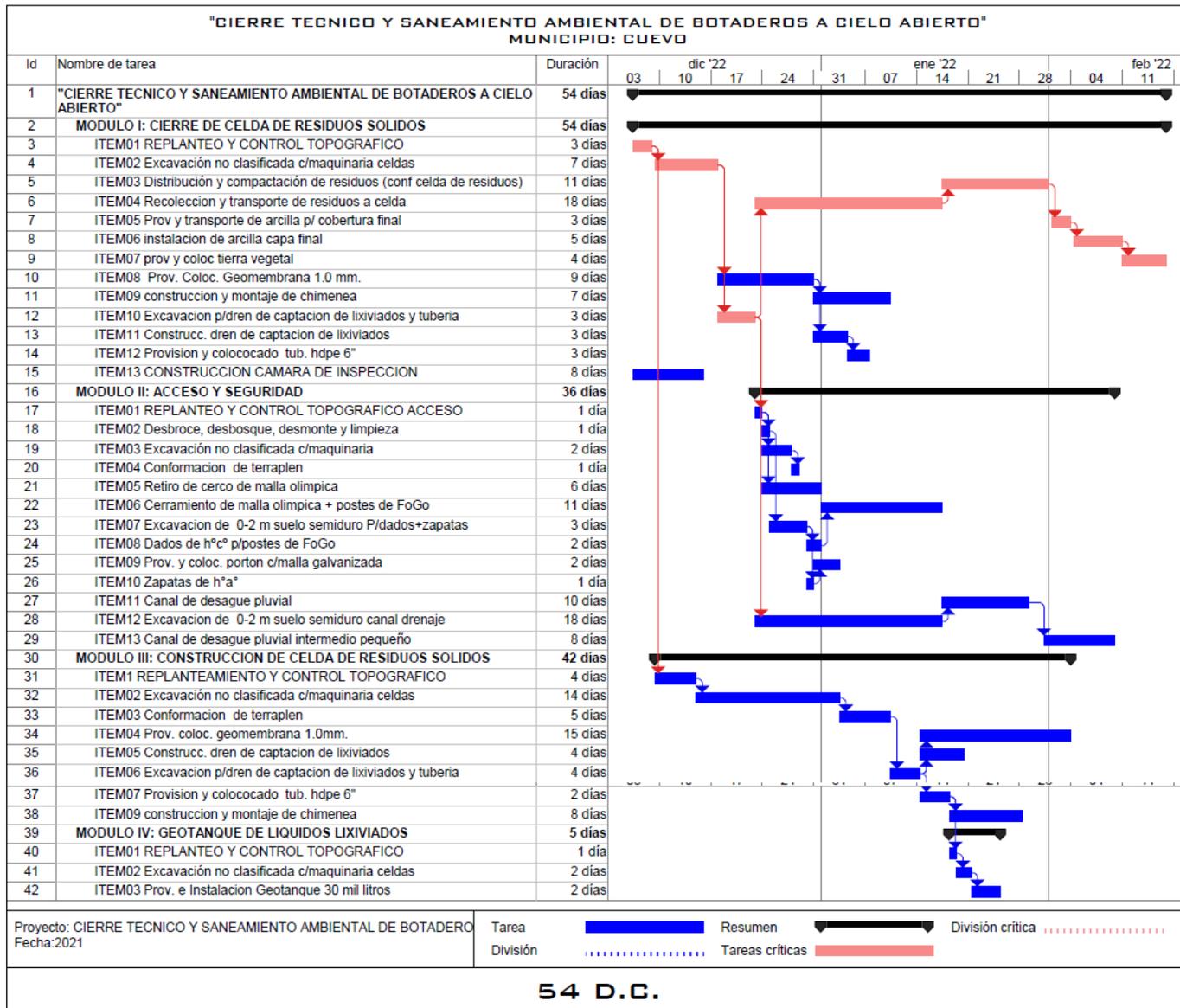


## 10. Presupuesto

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	<b>M01 - M01 CIERRE CELDA</b>				<b>471.510,36</b>
1	Replanteo y control topográfico	M2	2.399,47	2,57	6.166,64
2	Excavación no clasificada c/maquinaria celdas	M3	2.260,64	29,90	67.593,14
3	Distribución y compactación de residuos (conf celda de residuos)	m³	4.936,56	15,51	76.566,05
4	Recolección y transporte de residuos a celda	M3	5.172,90	21,31	110.234,50
5	Prov y transporte de arcilla p/ cobertura final	M3	489,28	31,97	15.642,28
6	instalación de arcilla capa final	M3	489,28	18,08	8.846,18
7	prov y coloc tierra vegetal	GLB	1,00	24.534,81	24.534,81
8	Prov. coloc. geomembrana 1.0mm.	M2	2.401,98	42,76	102.708,66
9	construcción y montaje de chimenea	pza	2,00	5.153,89	10.307,78
10	Excavación p/dren de captación de lixiviados y tubería	M3	65,18	20,39	1.329,02
11	Construcc. dren de captacion de lixiviados	ML	74,50	222,80	16.598,60
12	Provisión y colococado tub. hdpe 6"	ML	70,76	255,19	18.057,24
13	Construcc. cámara de inspección	PZA	2,00	6.462,73	12.925,46
>	<b>M02 - M02 ACCESO Y SEGURIDAD</b>				<b>122.331,87</b>
14	Replanteo y control topográfico acceso	GLB	1,00	1.749,66	1.749,66
15	Desbroce, desbosque, desmonte y limpieza	HA	0,29	3.873,82	1.123,41
16	Excavación no clasificada c/maquinaria	M3	157,36	29,90	4.705,06
17	Conformación de terraplén	m³	122,64	25,36	3.110,15
18	Retiro de cerco de malla olímpica	M2	194,72	32,84	6.394,60
19	Cerramiento de malla olímpica + postes de FoGo	m²	222,84	163,09	36.342,98
20	Excavación de 0-2 m suelo semiduro P/dados+zapatatas	m³	5,58	104,32	582,11
21	Dados de hºcº p/tubo de fºgº	M3	4,56	1.040,16	4.743,13
22	Prov. y coloc. portón c/malla galvanizada	PZA	1,00	4.358,88	4.358,88
23	Zapatatas de hºaº	M3	0,26	1.913,99	497,64
24	Canal de desagüe pluvial	M	93,00	373,19	34.706,67
25	Excavación de 0-2 m suelo semiduro canal drenaje	m³	91,28	104,32	9.522,33
26	Canal de desagüe pluvial pequeño	M	77,00	188,25	14.495,25
27	Conformación de cordón de seguridad exterior h0.5m	m³	0,00	34,63	0,00
>	<b>M03 - M03 CONSTRUCC. CELDA RESIDUOS</b>				<b>302.474,35</b>
28	Replanteo y control topográfico	M2	2.705,82	2,57	6.953,96
29	Excavación no clasificada c/maquinaria celdas	M3	3.540,02	29,90	105.846,60
30	Conformación de terraplén	m³	139,88	25,83	3.613,10
31	Prov.y coloc. geotextil 200 mg	M2	0,00	20,22	0,00
32	Prov. coloc. geomembrana 1.0mm.	M2	2.840,98	42,76	121.480,30
33	Prov. y coloc. cama de arcilla	M3	0,00	101,77	0,00
34	Construcc. dren de captación de lixiviados	ML	155,00	222,80	34.534,00
35	Excavación p/dren de captación de lixiviados y tubería	M3	73,32	20,39	1.494,99
36	Provisión y colococado tub. hdpe 6"	ML	20,84	255,19	5.318,16
37	Construcc. cámara de inspección	PZA	2,00	6.462,73	12.925,46
38	construcción y montaje de chimenea	pza	2,00	5.153,89	10.307,78
>	<b>M04 - M04 GEOTANQUE LIXIVIADOS</b>				<b>33.384,54</b>
39	Replanteo y control topográfico	M2	271,29	2,57	697,22
40	Excavación no clasificada c/maquinaria celdas	M3	560,32	29,90	16.753,57
41	Prov. y coloc. cama de arcilla	M3	0,00	101,77	0,00
42	Prov.y coloc. geotextil 200 mg	M2	0,00	20,22	0,00
43	Prov. e Instalación Geo tanque 50 mil litros	glb	1,00	15.933,75	15.933,75
	<b>Total presupuesto:</b>				<b>929.701,12</b>
	Son: Novecientos veintinueve mil setecientos un 12/100 bolivianos				



# 11. Cronograma de Ejecución.





## 12. Anexos

### ANEXO 1 INFORME GEOLOGICO GENERAL Y REGIONAL

#### I. INTRODUCCION

El presente informe, se elaboró en base al trabajo geológico de campo en toda la extensión de la provincia cordillera, específicamente dentro los cuatro botaderos emplazados en el sector de Lagunillas, Gutiérrez, Boyuibe y Cuevo, en el departamento de Santa Cruz, el estudio contiene estudios geológicos, estudios de suelos y perfiles de suelos.

El trabajo de campo es el resultado de la metodología de trabajo de campo, estudios de e interpretación de la información obtenida.

##### I.1. JUSTIFICACION

La **Empresa Roberty Corp SRL**, está estudiando el sitio de terreno donde está emplazado los desechos sólidos en las poblaciones de los municipios, Lagunillas, Gutiérrez, Boyuibe y Cuevo.

##### I.2. METODOLOGIA

Para la realización del trabajo de geología, se tomaron de referencia los planos geológicos impresos por el Servicio Geológico de Bolivia a escala 1:100.000.

La información recogida en la fase de campo, con el apoyo de un GPS (ETREX HIGH SENSITIVITY Personal Navigator), brújula tipo Brunton, cateador, lente de 10x para ver granos minerales y flexometro para medir el espesor de los estratos, suelos y otras estructuras geológicas, fue transferida a planos topográficos proporcionados por la empresa consultora.

Las observaciones de campo consistieron en la identificación de las unidades y contactos formacionales, estructuras y descripción de suelos.

También se tomaron en cuenta los aspectos físico/mecánicos de suelos, realizados en el levantamiento de los perfiles de suelos en las calicatas y toma de muestras de los suelos superficiales para la caracterización física y geológica de los materiales.

A continuación, se hace una descripción de la geología, geomorfología que caracteriza la zona de estudio.

#### II. GEOLOGIA

La geología del área de los botaderos está determinada por los antecedentes tectónicos de transición entre dos grandes unidades morfoestructurales: Faja Subandina y Llanura Chaco-Beniana (Mapa Geológico de Bolivia, YPFB-GEOBOL,1996). Ver Anexo: Mapa Geológico de cada botadero que puede observarse el plano geológico regional.



Las áreas de estudio se extienden sobre depósitos de edad cuaternaria constituidos por depósitos aluviales, fluvio-lacustres, coluviales terrazas y dunas, también sobre sedimentos del Paleógeno (Paleoceno - Eoceno – Oligoceno) constituidos por areniscas, lentes de conglomerados, arcillitas, lutitas y limolitas de origen continental.

### **Piedemonte del Subandino Sur**

Comprende desde, zona de Campo Grande a unos 8 km al Norte de Yacuiba hasta el sector del río Chorritos al NE de la población de Charagua coincidiendo con las primeras serranías pedemontanas.

El cordón más oriental de este sistema, a la latitud del área estudiada, es la Sierra de Aguaragüe que se extiende desde la frontera con la Argentina hasta el río Parapetí, prolongándose más al Norte como Serranía de Charagua y Serranía de Caipipendi hasta el río Grande. En la zona de estudio se destaca principalmente el alineamiento de la serranía de Aguaragüe, con elevaciones que no sobrepasan los 1.600 msnm y hacia el Este los flancos occidentales de la llanura chaqueña.

De acuerdo al boletín de la Memoria del Mapa Geológico de Bolivia (SERGEOMIN) esta región, está constituida por un sistema de serranías estrechas que se extienden bordeando el extremo Este de la cordillera Oriental de los Andes. Comprende de una faja plegada que separa el Bloque Andino Oriental por el Oeste de las llanuras Chaco – benianas que se encuentran al Este.

Estas sierras están alineadas según estrechas estructuras anticlinales alternándose con sinclinales más extensos.

En el extremo Este, las sierras Subandinas están separadas de la llanura Chaco – beniana por las serranías de “Pie de Monte”, que son relieves suaves y ondulados paralelos a las mismas serranías Subandinas propiamente. Por la parte Oeste estas sierras están separadas de la Cordillera Oriental por el denominado “Cabalgamiento Andino Principal”, que es una falla regional longitudinal de corrimiento.

El rumbo principal de las estructuras es Norte – Sur, notándose una leve desviación hacia el Oeste en la parte Norte del proyecto y unos 10 ° hacia el Este desde el sector de la localidad de Boyuibe hasta la zona de Yacuiba por el Sur.

### **Llanura Chaco – Beniana**

Esta unidad básicamente abarca, desde el sector del río Chorritos a unos 20 km aproximadamente al NE de la población de Charagua hasta la Planta de Río Grande.

Esta vasta región peneplanizada se extiende desde el extremo Noroeste de Bolivia hasta la frontera con el Paraguay por el Sudeste. En la zona en cuestión, configura una amplia planicie fluvial relacionada con las cuencas del Plata y del Amazonas.

### **II.1 Estratigrafía**

En el sector Norte (entre Río Grande y la zona del río Chorritos) afloran principalmente sedimentos no consolidados Cuaternarios de origen fluvial, con un espesor de 1500 a 2000 m, compuestos básicamente por una alternancia entre arenas, arcillas, limos y gravas con variaciones locales en cuanto a composición y estructura.



Aunque el contacto del Cuaternario con los sedimentos Terciarios es ciertamente difícil de diferenciar, estos últimos presentan una relativa mayor compactación y en algunos casos están cementados por material calcáreo. Por ejemplo, la Formación Petaca del Paleógeno que pertenece al Grupo Chaco está compuesta principalmente por una arenisca calcárea y conglomerado. En cambio, las rocas más jóvenes están conformadas por areniscas, lutitas, conglomerados y margas y corresponden a las Formaciones Yecua, Tariquia y Guandacay.

Ambos depósitos Cuaternarios y Terciarios son factibles para el aprovechamiento de aguas subterráneas, por lo que la mayoría de los pozos acuíferos de la zona aprovechan estas Formaciones. Las rocas del Cretácico afloran en la zona occidental en el extremo Sur del área las Formaciones Cajones, Yantata e Ichoa, las mismas que forman un conjunto de anticlinales y sinclinales angostos, cuya composición litológica predominante está compuesta por areniscas y areniscas calcáreas intercaladas con lutitas hacia el tope.

### SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

<b>Sistema</b>	<b>Formación</b>	<b>Descripción litológica</b>
Cuaternario: Pleistoceno	Depósitos Aluviales	Suelos aluviales, intercalaciones de capas arenosas de granulometría fina a gruesa con arcillas rojizas, el espesor de las capas varia de 1 a 30 metros
Neogeno: Plioceno Mioceno Paleogeno: Oligoceno	Chaco Superior	Alternancia de capas de arena y gravas, mala selección, unidas con cemento calcáreo débilmente endurecidas, con arcillas y limolitas, gris clara el espesor de las capas arenosas y de arcilla varia de 1 a 30 metros.
	Chaco Inferior	Alternancia de capas de arena de grano fino a medio unidos con cemento calcáreo endurecido, con capas de arcillas rojizas oscuras y limolitas grises claras, el espesor de las capas de arcillas es de 1 a 20 metros.
	Yecua	Predominancia de arcillas rojizas oscuras, verdosas; con espesor de 1 a 5 metros. Intercaladas con delgadas capas de areniscas, calizas y yeso.



	Petaca	La base de esta unidad está formada por conglomerado polimíctico brechoso, de color blanquecino y rojizo. Por encima de este conglomerado se tiene alternancia de lutitas y areniscas.
Cretácico	Cajones	Formada por capas de areniscas calcáreas, calizas arenosas, intercaladas con delgadas lentes de lutitas.
	Yantata	Predominancia de granos gruesos a medios subredondeados y de buena selección, friables, porosos y permeables; con escaso matrix limoso, color amarillento
	Ichoa	Formada por areniscas rojizas, blanquecinas amarillentas y verduscas. Son de grano medio a fino, redondeados, bien seleccionados, de estructura entrecruzada

## II.2.1 CUATERNARIO

Sedimentos de este sistema corresponde a sedimentos erosionados, meteorizados de las rocas paleozoicas, mesozoicas y terciarias las que han estado y están sometidas a procesos fisicoquímicos que han originado su meteorización, disgregación y consiguiente formación de suelos, que fueron transportados a zonas más bajas por los agentes ácuos y eólicos. Sedimentos de este sistema se presentan están constituidos por:

### II.2.1.1 Depósitos Aluviales (Qa)

Los depósitos aluviales son suelos granulares sueltos con granulometría variable, estos dependen de la procedencia y origen, el grado de transporte, y relieve donde se deposita. Los materiales se encuentran a lo largo de los ríos y quebradas, están constituidos por gravas, y gravas finas arenas, limos y arcillas, de formas subredondeadas. La fracción limo – arcilla se encuentra en sectores llanos y en ríos divagantes. Generalmente están constituidos por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.

### II.3.1.2 Depósitos de Abanicos Aluviales (Qaa)

Los abanicos aluviales son depósitos de detritos clásticos, que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas. Son particularmente comunes en regiones áridas o semiáridas en donde la vegetación es escasa y el transporte de sedimentos ocurre esporádicamente pero con gran violencia durante las tormentas. También llegan a desarrollarse en regiones húmedas, incluyendo en zonas de glaciales, en donde los procesos de canalización son más importantes. Están constituidos por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas.

### III.3.1.3 Depósitos Coluvio Fluviales (Qcf)

Constituido por gravas, arenas, limos y arcillas. Es un material fragmentario que es transportado y acumulado por acción de la gravedad, fluvial, generalmente se ubica en los taludes de los cerros. Muchas veces es difícil separar los materiales coluviales de los aluviones, como de los residuales, porque casi siempre la acumulación es mezclada. Los materiales son transportados



principalmente teniendo en cuenta el tamaño y peso de los materiales, los grandes y pesados bloques son dejados muy cerca del lugar de origen o in situ.

#### III.3.1.4 Depósitos Coluviales (Qc)

Constituido por bloques, gravas, limos y arcillas. Son materiales transportados por gravedad, la acción del hielo – deshielo y, principalmente, por el agua. Su origen es local, producto de la alteración in situ de las rocas y posterior transporte como derrubios de ladera o depósitos de soliflucción.

Frecuentemente están asociados a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, englobados en una matriz limo arcillosa

#### II.3.1.5 Depósitos Terrazas (Qt)

Compuesta por cantos, gravas, arenas, limos y arcillas. Las terrazas fluviales se forman generalmente por los cambios que se producen tanto en la carga fluvial como en el caudal y la energía provocando unas veces erosión y otras, sedimentación. Durante el proceso fluvial, las aguas de escorrentía profundizan su cauce, luego se produce la deposición de materiales debido a la elevada carga fluvial, lo cual recubre el fondo del valle erosionado, formando una superficie más o menos plana al término de la deposición, formándose por lo tanto una terraza.

#### II.3.1.5 Depósitos Fluvio Lacustres (Qfl)

Conformados por gravas, arenas, limos y arcillas, en general son sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas; contienen materia orgánica, sobre todo en zonas pantanosas. Frecuentemente presentan estructuras laminadas en niveles muy finos. Las principales propiedades están en relación a su alto contenido en materia orgánica, siendo en general suelos muy blandos.

### II.3.2 PALEOGENO - NEOGENO

Rocas de este sistema sobreyacen de manera concordante a rocas cretácicas, y en discordancia a rocas ordovícicas, afloramientos paleógenos se observan en la parte central del trazo vial, compuesto por areniscas conglomerádicas, limolitas, arcillitas arenosas y margas multicolores, en el trazo vial afloran las siguientes formaciones:

**II.3.2.1 Formación Chaco Superior** Alternancia de capas de arena y gravas, mala selección, unidas con cemento calcáreo débilmente endurecidas, con arcillas y limolitas, gris clara el espesor de las capas arenosas y de arcilla varía de 1 a 30 metros.

**II.3.2.2 Formación Chaco Inferior:** Alternancia de capas de arena de grano fino a medio unidas con cemento calcáreo endurecido, con capas de arcillas rojizas oscuras y limolitas grises claras, el espesor de las capas de arcillas es de 1 a 20 metros.

**II.3.2.3 Formación Yecua :** Predominancia de arcillas rojizas oscuras, verdosas; con espesor de 1 a 5 metros. Intercaladas con delgadas capas de areniscas, calizas y yeso.



**II.3.2.4 Formación Petaca :** La base de esta unidad está formada por conglomerado polimíctico brechoso, de color blanquecino y rojizo. Por encima de este conglomerado se tiene alternancia de lutitas y areniscas.

### II.3.3 MESOZOICO.-

#### II.3.3.1 CRETACICO

Rocas de edad cretácica sobreyacen de manera discordante a rocas silúricas y devónicas que son visibles en diferentes sectores del trazo vial; corresponde a una secuencia niveles de conglomerados, psamitas, calizas y pelitas; que están representadas por las siguientes formaciones:

**II.3.3.1.1 Formación Cajones .-** Formada por capas de areniscas calcáreas, calizas arenosas, intercaladas con delgadas lentes de lutitas.

**II.3.3.1.2 Formación Yantata.-** Predominancia de granos gruesos a medios subredondeados y de buena selección, friables, porosos y permeables; con escaso matrix limoso, color amarillento

**II.3.3.1.3 Formación Ichoa.-** Formada por areniscas rojizas, blanquecinas amarillentas y verduscas. Son de grano medio a fino, redondeados, bien leccionados, de estructura entrecruzada

### II.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La evolución tectónica del sur de Bolivia se caracteriza desde el Paleozoico Superior hasta la base del Mesozoico, por una subsidencia casi continua, interrumpida por movimientos epigénicos que generaron discontinuidades relacionadas con las fases tectónicas terciarias especialmente del Mioceno y Plioceno. Estas orogenias ocasionaron entre otros el Cabalgamiento Frontal Principal dando por resultado, de esta evolución tectónica la distribución de fajas delgadas y plegadas como las sierras de Caipipendi, Charagua y Aguarañe.

Desde la zona del río Chorrillos a unos 170 km al Sur de Río Grande, se presentan una serie de anticlinales y sinclinales constituidos por rocas de diferentes sistemas con un rumbo Norte – Sur, ligeramente elongado al Este. Las deformaciones que se registran en las rocas, se deben a diferentes periodos de esfuerzos tectónicos principalmente de dirección E – W que modelaron la zona.

Por donde atravesará el proyecto existen fallas longitudinales de rumbo Norte-Sur, éstas se ubican en las zonas de Charagua y Ñancaroinza, las mismas de hallan cortadas por fallas transversales de carácter más local.

De acuerdo a estudios realizados por YPFB a la altura de la localidad de Florida que se ubica al Este del proyecto un corte estructural Este-Oeste, muestra una serie de estructuras geológicas tanto en superficie como en el subsuelo, que manifiesta el grado de deformación que tuvieron las rocas durante los procesos geológicos de formación de la cadena montañosa del Subandino.



Para este estudio sólo se consideran aquellas que revisten importancia para la exploración y captación de acuíferos, entre éstas se encuentran sedimentos Cuaternarios, las formaciones del Grupo Chaco del sistema Terciario y las formaciones Cajones, Yantata e Ichoa del sistema Cretácico. Las rocas del Cretácico afloran en toda la zona occidental, las mismas que forman un conjunto de anticlinales y sinclinales angostos.

## ESTUDIO DE SUELOS

### TRABAJOS DE CAMPO

El trabajo de campo tuvo como objetivo estudiar el terreno donde se encuentran emplazados los botaderos para la disposición final de los desechos sólidos, en el terreno se realizó la descripción y caracterización de suelos en los sectores de Lagunillas, Gutiérrez, Boyuibe y Cuevo, en el sitio donde se tiene previsto el depósito de los desechos sólidos.

Los trabajos de campo consistieron en la realización de pozos exploratorios, toma de muestras y datos de los suelos mediante calicteo a cielo abierto. Los pozos exploratorios o calicatas (C) identificando los estratos y sus espesores.

### Resumen de Trabajos de Campo:

- Pozos exploratorios y muestreo de los suelos de cada estrato encontrado
- Identificación de suelos críticos (por suelos, drenaje, y deterioros en el actual terreno natural).
- Identificación de la Napa Freática.
- Identificación de Subtramos de roca.

### Datos de los suelos

#### Perfil de Suelo N°1

**Ubicación:** Municipio CUEVO (Botadero del municipio de Cuevo)

**Muestra:** 1

**Profundidad:** 1.40 metros

**Descripción del Material:** Suelo Areno Arcilloso



**Fotografía N° 4 Ubicación de la muestra 1 en sector del nuevo botadero, tipo de material suelo franco arcilloso de color rojo.**



**Fotografía N° 5 Ubicación de la muestra en sector del botadero del municipio de Cuevo, tipo de material suelo arcilloso.**



**Fotografía N° 6 Inspección en el rio para obtención de nuestra de suelo**

Interpretación de los perfiles de suelo.

Los suelos que conforman el terreno del botadero Municipal de Cuevo, poseen grandes extencines de suelos finos, estos son limos de textura fina, de textura media son arenas y algunos clastos de textura gruesa son gravas. La distribución horizontal y vertical de estos materiales es variable y de varios espesores de profundidad.

Alfredo J. Dalence Beltran  
GEOLOGO  
S.I.B. R.N.I. 22.219



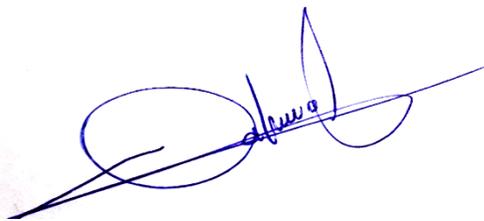
## PERFILES ESTRATIGRAFICOS DEL SUELO

	<b>UNIDAD</b>	<b>PERFIL</b>
<b>Ubicación:</b>	<b>BOTADERO CUEVO</b>	<b>Coordenadas:</b> 7737910
<b>Geomorfología:</b>	Llanura aluvial	446995
<b>Posición geográfica:</b>		
<b>Topografía:</b>	Plano	<b>Fecha:</b> 30/10/2020
<b>Pendiente:</b>	1-2 % rectilínea	
<b>Uso de la tierra:</b>	Ninguno	<b>Inf. Humana:</b>
<b>Geología, estrat:</b>	Cuaternario	<b>Actividad</b> Ninguna
<b>biológica:</b>		Hormigas, Lombrices, Madrigueras
<b>Geología, litología:</b>	Sedimentos semi- compactos	
<b>Grietas:</b>	No	
<b>Pedreg/rocas:</b>	grava	
<b>Costras superficiales:</b>	No	
<b>Erosión:</b>	fluvial	
<b>Sales o álcalis:</b>	si existe	
<b>Inundación:</b>	Temporal	
<b>Napa freática:</b>	1.5	
<b>Drenaje:</b>	Regular	



**Perfil Estratigráfico**

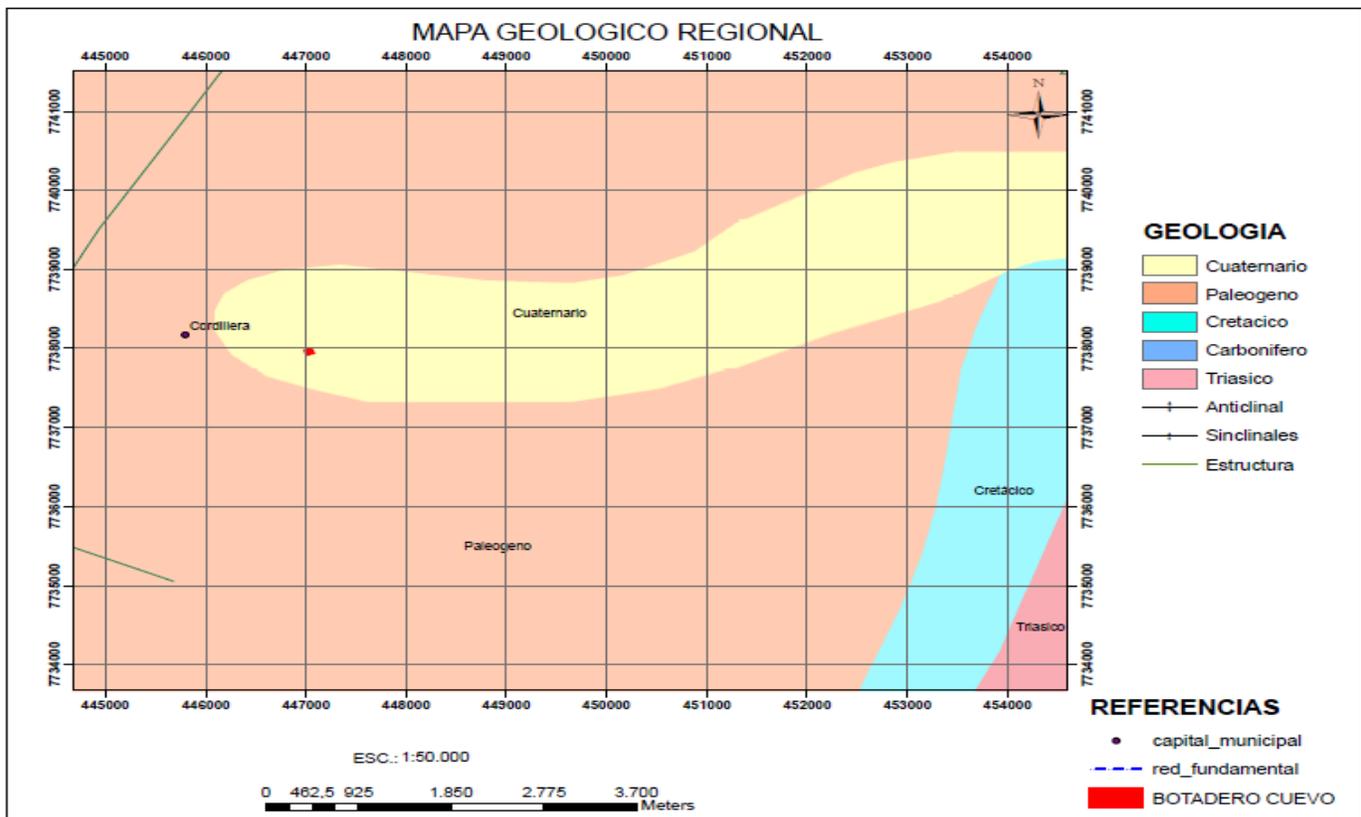
N o	DESIGNACION	PROFUNDIDAD AD LIMITE INFERIOR	DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO POR HORIZONTES
1		0.20	<i>Terreno natural</i>
2		0.80	<i>Color rojizo textura franco limo arenosa, estructura con bloques esféricos en la arena, bloques sub-angulares, mediana, consistencia blanda (seco) friable (húmedo) ligeramente adhesivo (húmedo), lig. Plástica (mojado); fragmentos rocosos pocos medianos (tubulares esféricos) pocos gruesos (tubulares esféricos Laminares) raíces (si) horizonte con limite neto plano.</i>
3		1.50	<i>Color seco, textura arcillosa; estructura moderada irregular esférica, consistencia ligeramente dura (seco) friable (húmedo), lig. Adhesiva (mojado) fragmentos rocosos finos pocos, medianos (angulares, laminares) Raíces no, Horizonte con limite gradual plano.</i>



Alfredo J. Dalence Beltran  
GEOLOGO  
S.I.B.  
R.N.I. 22.219



### MAPA GEOLOGICO REGIONAL DEL BOTADERO DE CUEVO





## ANEXO 2 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA REHABILITACION DEL BOTADERO DE CUEVO

### 1 INTRODUCCION

El presente documento ha sido elaborado con el objeto de definir las acciones y medidas de mitigación ambiental que se implementaran durante el periodo de Construcción, Operación Mantenimiento Y Abandono del proyecto de Cierre y rehabilitación del Botadero de Cuevo en cumplimiento a la normativa ambiental vigente. Se identifican los efectos ambientales que tienen las actividades del proyecto, así como las medidas y acciones de prevención, mitigación, reparación y compensación, incluyendo las estrategias de seguimiento ambiental para las distintas etapas del proyecto.

El marco normativo del proyecto es el siguiente:

- Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica
- Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
- Ley 755 - Residuos Sólidos y su reglamentación
- Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
- Resolución Ministerial N° 849/14 - Norma de Señalización de Seguridad, Salud en el Trabajo y Emergencias de Defensa Civil
- Guía para el Cierre técnico de Botaderos
- Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios
- NB 760

### 2 OBJETIVO

Establecer las medidas necesarias para lograr que las actividades del botadero rehabilitado no alteren las condiciones medio ambientales del espacio físico, tanto natural como artificial del área de influencia del proyecto.

### 3 ALCANCE

El presente Plan de gestión Ambiental es aplicable al Botadero en rehabilitación del municipio de Cuevo del departamento de Santa Cruz en Bolivia.

### 4 RESPONSABLES

#### Responsable del municipio de Cuevo (Fiscal de obra)

El responsable del municipio será encargado de:

- Revisión de Especificaciones Ambientales, Bases de Licitación y legislación ambiental aplicable.
- Dar aviso al responsable de proyecto cuando se detecte algún evento o situación especial que implique un impacto ambiental.
- Comunicar a los trabajadores y velar por el cumplimiento de las instrucciones impartidas en materias ambientales.
- Consultar al responsable de proyecto cada vez que se requiera

#### Profesional Residente (Empresa Constructora)

Debe Conocer las exigencias del contrato en materias ambientales y será encargado de:

- Dar aviso al responsable de proyecto cuando se detecte alguna situación especial que implique un impacto ambiental.
- Consultar al responsable de proyecto cada vez que se requiera.

#### Responsable del proyecto - Supervisor de Área



será llevar a cabo la gestión, supervisión e internalización de la variable ambiental durante la ejecución de las obras, velando por el cumplimiento de lo expuesto en las Especificaciones Ambientales del proyecto y la normativa ambiental aplicable:

- Desarrollo de reuniones técnicas y difusión de información al personal (capacitación, instrucción respecto de las restricciones ambientales y sanciones al personal que trabaje en el proyecto).
- Supervisión del cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Supervisión y control de las Especificaciones Ambientales del proyecto.
- Evaluación permanente del cumplimiento del Plan de Gestión Ambiental del proyecto.
- Presentación de los informes según lo requerido en el proyecto.

## 5 IDENTIFICACION DE DEFICIENCIAS AMBIENTALES

Procesos	Actividad	Impacto Ambiental			Efecto	Normas Permisibles
		Código	Factor	Atributo		
<b>Construcción de infraestructura</b>	Movimiento de suelos para la preparación del terreno y construcción de Celda de operación y Geotanque.	AI-01-01	AIRE	PST – PM10	Posibles daños a la salud	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 1
<b>Construcción de infraestructura</b>	Operación de maquinaria pesada para la construcción de la celda y geotanque, incluyendo el movimiento de residuos	AI-02-01	AIRE	Ruido	Contaminación Acústica	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 6
<b>Construcción de infraestructura</b>	Uso de sanitarios por personal operativo en la ejecución del proyecto	AG-01-01	AGUA	Aguas Residuales	Contaminación cuerpos de Agua	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica – Anexo A-2
<b>Construcción de infraestructura</b>	Actividades Administrativas y operativas en el Botadero (etapa de construcción)	RS-01-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Construcción de infraestructura</b>	Actividades de construcción de celdas, geotanque e infraestructura complementaria.	SE-01-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
<b>Operación</b>	Operación CELDA 1	AI-03-01	AIRE	Olores	Descomposición Natural de los Residuos	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica NB 760
<b>Operación</b>	Operación CELDA 1	AI-03-02	AIRE	Biogás y partículas Aero transportables	Emisiones furtivas de biogás Emisión de partículas Aero transportables	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 2
<b>Operación</b>	Operación Sistema de recirculación de lixiviado	AI-04-01	AIRE	Olores	Evaporación de lixiviado - Descomposición Natural de los Residuos	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 2
<b>Operación</b>	Actividades de operación en general	AI-05-01	AIRE	Ruido	Contaminación Acústica	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 6
<b>Operación</b>	Actividades administrativas y de funcionamiento de la actividad	AG-02-01	AGUA	Aguas Residuales	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica – Anexo A-2
<b>Operación</b>	Actividades de Operación de las CELDA 1	AG-03-01	AGUA	Lixiviado	Aumento de volumen lixiviados en geotanque	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación.



Procesos	Actividad	Impacto Ambiental			Efecto	Normas Permisibles
		Código	Factor	Atributo		
<b>Operación</b>	Actividades de Operación de las CELDA 1	AG-03-02	AGUA	Agua de escorrentía (pluvial)	Erosión e incremento de lixiviados	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica - Anexo A-2
<b>Operación</b>	Actividades Administrativas (etapa de operación)	RS-02-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Operación</b>	Disposición final de residuos sólidos domésticos.	RS-03-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Tratamiento/Disposición de Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Operación</b>	Disposición Final de residuos Patógenos.	RS-04-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Tratamiento/Disposición de Residuos Patógenos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Operación</b>	Actividades de operación de celdas y geotanque	SE-02-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019
<b>Operación</b>	Señalización de áreas del RS	SE-03-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Señalización deficiente	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N.º 849/14 - Norma de Señalización de Seguridad, Salud en el Trabajo y Emergencias de Defensa Civil
<b>Cierre técnico</b>	Etapa de Cierre del Botadero y Cierre de CELDA 1	AI-06-01	AIRE	Biogás y partículas Aero transportables	Emissiones furtivas de biogás Emisión de partículas Aero transportables	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica NB 760
<b>Cierre técnico</b>	Etapa de Cierre del botadero y Cierre CELDA 1	AI-06-02	AIRE	PM10/PST	Generación de material particulado y PST	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 1 NB 760
<b>Cierre técnico</b>	Actividades Etapa de Cierre en general	AI-07-01	AIRE	Ruido	Contaminación acústica	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 6
<b>Cierre técnico</b>	Actividades de cierre de la CELDA 1	AG-04-01	AGUA	Lixiviado	Generación de lixiviados	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Cierre técnico</b>	Etapa de Cierre CELDA 1	SU-02-01	SUELO	Descomposición de la materia orgánica	Asentamientos Diferenciales	Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios
<b>Cierre técnico</b>	Actividades de Implementación del Plan de cierre.	RS-05-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Cierre técnico</b>	Mantenimiento de infraestructura general.	SP-04-01	SUSTANCIAS PELIGROSAS	Manipulación de combustibles/lubricantes	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Cierre técnico</b>	Ejecución de actividades de mantenimiento de infraestructura general.	SE-04-01	SEGURIDAD E	Programa de Seguridad	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019



Procesos	Actividad	Impacto Ambiental			Efecto	Normas Permisibles
		Código	Factor	Atributo		
			HIGIENE	y Salud en el Trabajo		
<b>Mantenimiento</b>	Quema controlada de Biogás	AI-08-01	AIRE	Biogás	Emisiones furtivas de biogás Emisión de partículas Aero transportables	Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica – Anexo 5
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de cierre de Botadero y de la CELDA 1	AG-05-01	AGUA	Lixiviado	Generación de lixiviados	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de mantenimiento en general	AG-06-01	AGUA	Aguas Residuales	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica - Anexo A-2
<b>Mantenimiento</b>	Conformación de la Celda de Cierre y de la CELDA 1	SU-01-01	SUELO	Descomposición de la materia orgánica	Asentamientos Diferenciales	Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de Rellenos Sanitarios
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de mantenimiento en general	RS-06-01	RESIDUOS SÓLIDOS	Residuos Similares a Domésticos	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Mantenimiento</b>	Actividades de mantenimiento en general	SP-01-01	SUSTANCIAS PELIGROSAS	Manipulación de combustibles/lubricantes	Contaminación de Suelos y Cuerpos de Agua del área de influencia	Ley 755 – Residuos Sólidos y su reglamentación
<b>Mantenimiento</b>	Todas las actividades de mantenimiento	SE-05-01	SEGURIDAD E HIGIENE	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Exposición a riesgos ocupacionales	Resolución Ministerial N° 11/2018 NTS N° 009/2019

## 6 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN POR COMPONENTE

Procesos	Impacto Ambiental			Medidas de adecuación y mitigación	Prioridad	Plazo de implementación	Fecha de inicio	Fecha de conclusión	Fecha de revisión o inspección
	Código	Factor	Atributo						
<b>Construcción de infraestructura</b>	AI-01-01	Aire	PST – PM10	Riego periódico	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Construcción de infraestructura</b>	AI-02-01	Aire	Ruido	Monitoreo de Ruido Dotación de EPP	BAJA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Construcción de infraestructura</b>	AG-01-01	Agua	Aguas Residuales	Implementación de pozo séptico	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Construcción de infraestructura</b>	RS-01-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Construcción de infraestructura</b>	SE-01-01	Seguridad E Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Conclusión y Tramitación del PSST	MEDIA	1 MES	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Operación</b>	AI-03-01	Aire	Biogás y partículas Aero transportables	Monitoreo Mensual de emisión de biogás y partículas Aero transportables. Control de encendido de chimeneas diario	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	De acuerdo al avance de disposición de residuos.	Hasta conclusión de cronograma	Mensual



Procesos	Impacto Ambiental			Medidas de adecuación y mitigación	Prioridad	Plazo de implementación	Fecha de inicio	Fecha de conclusión	Fecha de revisión o inspección
	Código	Factor	Atributo						
Operación	AI-03-02	Aire	Olores	Dotación de EPPS (Trabajadores) Monitoreo de olores	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Operación	AI-04-01	Aire	Olores	Dotación de EPPS (Trabajadores) Monitoreo de olores Implementación de geo sintético "manta de sacrificio"	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Operación	AI-05-01	Aire	Ruido	Monitoreo de Ruido Dotación de EPP	BAJA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Semestral
Operación	AG-02-01	Agua	Aguas Residuales	Construcción de pozo séptico y mantenimiento	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
Operación	AG-03-01	Agua	Lixiviado	Control y seguimiento de la acumulación de lixiviado Recirculación de lixiviado	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
Operación	AG-03-02	Agua	Agua de escorrentía (pluvial)	Sistema de drenaje pluvial interno integrado con todas las instalaciones	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Aprobación de Manifiesto Ambiental	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
Operación	RS-02-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Operación	RS-03-01	Residuos Sólidos	Tratamiento / Disposición de Residuos Similares a Domésticos	Supervisión permanente a los trabajos de confinamiento	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Operación	RS-04-01	Residuos Sólidos	Tratamiento / Disposición de Residuos Patógenos	Supervisión permanente a los trabajos de neutralización de residuos patógenos	ALTA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Operación	SE-02-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Elaboración e Implementación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Operación	SE-03-01	Seguridad e Higiene	Señalización deficiente	Implementar señalización	BAJA	Durante el tiempo de vida de la ejecución	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Trimestral
Cierre técnico	AI-06-01	Aire	Biogás	Monitoreo Mensual de emisión de biogás Control de encendido de chimeneas diario.	ALTA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo a avance de obra	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Cierre técnico	AI-06-02	Aire	PM10/PST	Riego de zonas de influencia	MEDIA	Durante la etapa de cierre	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Cierre técnico	AI-07-01	Aire	Ruido	Monitoreo de Ruido Dotación de EPP	BAJA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo a avance de obra	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
Cierre técnico	AG-04-01	Agua	Lixiviado	Tratamiento de lixiviado por recirculación	MEDIA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo al avance de obra.	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
Cierre técnico	SU-02-01	Suelo	Descomposición de la materia orgánica	Levantamiento topográfico Peinado de taludes, banquinas y	MEDIA	Durante la etapa de cierre	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	monitoreo permanente mantenimiento semestral



Procesos	Impacto Ambiental			Medidas de adecuación y mitigación	Prioridad	Plazo de implementación	Fecha de inicio	Fecha de conclusión	Fecha de revisión o inspección
	Código	Factor	Atributo						
				conformación geométrica					
<b>Cierre técnico</b>	RS-05-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	BAJA	Durante la etapa de cierre	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	Mensual
<b>Cierre técnico</b>	SP-04-01	Sustancias Peligrosas	Manipulación de combustibles/lubricantes	Impermeabilización de suelos de almacén	MEDIA	Durante la etapa de cierre	De acuerdo a avance de obra	Concluido el tiempo de vida	Bimestral
<b>Cierre técnico</b>	SE-04-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Conclusión de ejecución del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	MEDIA	Durante la etapa de cierre	A Partir de la contratación de un consultor especializado.	Hasta conclusión de cronograma	Mensual
<b>Mantenimiento</b>	AI-08-01	Aire	Gases de Combustión	Dotación de EPPS a personal	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Hasta conclusión de cronograma	Trimestral
<b>Mantenimiento</b>	AG-05-01	Agua	Lixiviado	Tratamiento de lixiviado por recirculación	MEDIA	Durante la etapa de Mantenimiento	De acuerdo al avance de obra.	Hasta conclusión de cronograma	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Mantenimiento</b>	AG-06-01	Agua	Aguas Residuales	Limpieza de pozo séptico, a través de un operador autorizado.	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	Inspección mensual, monitoreo semestral
<b>Mantenimiento</b>	SU-01-01	Suelo	Asentamientos Diferenciales	Levantamiento topográfico Peinado de taludes, banquetas y conformación geométrica	ALTA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	monitoreo permanente mantenimiento semestral
<b>Mantenimiento</b>	RS-06-01	Residuos Sólidos	Residuos Similares a Domésticos	Implementación de plan de Residuos Sólidos y Líquidos	BAJA	Durante el tiempo de vida de la AOP	Inicio de operaciones	Concluido el tiempo de vida	Mensual
<b>Mantenimiento</b>	SP-01-01	Sustancias Peligrosas	Manipulación de combustibles/lubricantes	Impermeabilización de suelos de almacén	MEDIA	Durante el tiempo de vida de la AOP	De acuerdo a avance de obra	Concluido el tiempo de vida	Bimestral
<b>Mantenimiento</b>	SE-05-01	Seguridad e Higiene	Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo	Elaboración e implementación de un Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo.	MEDIA	3 MESES	De acuerdo a avance de obra	Hasta conclusión de cronograma	Mensual

## 7 PREVENCIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

Considera la prevención de los posibles riesgos ambientales por actividades asociadas a las distintas faenas de la etapa de construcción.

### Riesgo por Accidentes en la Vía por Transporte

Se transportarán los materiales de construcción en camiones y a los trabajadores por medio de buses, si es necesario.

Cumpliendo las siguientes medidas mínimas de seguridad:

- Personal calificado, con licencia de conducir al día, para manejar los camiones, buses o maquinarias necesarias en un área específica.
- Vehículos que transporten maquinaria y materiales al área de trabajo, con las señalizaciones exigidas por la normativa.



• Se cumplirán

los pesos máximos permitidos para los camiones cargados con equipos o materiales, de acuerdo a la ruta que se esté utilizando.

- El transporte de combustible u otros materiales peligrosos se hará de acuerdo con la normativa ambiental.

### **Riesgo por accidente debido a derrame de materiales peligrosos**

El transporte de líquidos, tales como combustible y otros que se puedan requerir en faenas, se realizará de acuerdo a las disposiciones normativas vigentes.

- Queda estrictamente prohibido sacar combustible de los vehículos y maquinarias, debido al riesgo de accidentes que ello implica.
- Los caminos de acceso a las obras contarán con una señalización clara y visible.
- El almacenamiento de productos inflamables, corrosivos u otros potenciales de causar daños se hará considerando las siguientes exigencias mínimas:
- Se dispondrá de un área especial de almacenamiento para estos materiales, la cual estará debidamente señalizada y contará con las estructuras de contención para evitar potenciales derrames que impacten los suelos y las aguas, tanto superficiales como subterráneas, de las áreas adyacentes. Además, los tambores de combustible y aceite, se dispondrán sobre polietileno y una cama de arena, para evitar el contacto directo de los tambores con el suelo.
- Se contará en esta área, con elementos que permitan la contención de derrames pequeños y medianos, a la vez de extintor y equipo para combatir el fuego.
- Las cargas de combustible a las maquinarias y equipos sólo se realizarán en las áreas previamente definidas para estos efectos o en estaciones de servicio autorizadas.
- Los aceites de cambio y otros desechos aceitosos se almacenarán en tambores vacíos para su posterior disposición en lugares autorizados, de acuerdo a lo que disponga la autoridad del Servicio de Salud.

### **Riesgo de Incendio en el área de faenas**

- El experto de seguridad definirá una zona, alrededor del área de almacenamiento de combustibles, donde esté expresamente prohibido encender fogatas, fumar, portar fósforos u otros elementos que produzcan chispas, todo lo cual deberá estar adecuadamente señalizado.
- Se dispondrá en los lugares de faena elementos mínimos para combatir fuegos, tales como extintores u otros elementos necesarios.
- Se prohibirá expresamente a los trabajadores prender fogatas para calentar alimentos.



## GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE CUEVO

Capital Folklorica de la Provincia Cordillera

Cuarta Sección Municipal de la Provincia Cordillera - Santa Cruz - Bolivia



### RESOLUCION ADMINISTRATIVA N° 016/2019 Cuevo, 12 de abril de 2019

**VISTOS:** Ley Municipal N° 12/2018 de fecha 24 de abril de 2018, el Informe Técnico del 003/2019 de fecha 09 de abril de 2019, el Informe Legal 028/2019 del 10 de abril de 2019 y además antecedente del proceso de titulación del inmueble asignado al "VERTEDERO MUNICIPAL" y;

**CONSIDERANDO:** Qué, la Ley N° 1515 de Participación Popular de 20 de abril, de 1994, la Ley N° 482 de los Gobiernos Autónomos Municipales y la Ley N° 247 de Regulación del Derecho Propietario Urbano, disponen y facultan a los Gobiernos Municipales preceder a la titulación de sus inmuebles de dominio público y privado y su inscripción en Derechos Reales. Que, en el cumplimiento a las antes mencionadas disposiciones legales, el Concejo Municipal de Cuevo, mediante la citada Ley Municipal N° 12/2018 de fecha 24 de abril de, autoriza al Ejecutivo Municipal, instaurar los procesos Legales para la obtención de los títulos de propiedad de los bienes inmuebles del Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo, y su posterior registro en Derechos Reales y el Servicio Nacional de Patrimonio del Estado (SENAPE).

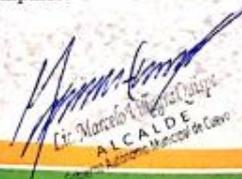
Qué, conforme al Art: 26 de los Gobiernos Autónomos Municipales, es atribución del Alcalde Municipal para este efecto, emitir y dictar resoluciones.

Qué, en el marco de sus atribuciones legales, el Alcalde Municipal, por Comunicación Interna 014/2019 del 08 de abril de 2019, instruye a los funcionarios subalternos correspondientes, procesar la titulación de los inmuebles de dominio público y privado, del Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo. Qué, en atención a la mencionada instructiva el Jefe de Catastro Urbano del Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo, ha mensurado el inmueble de dominio Municipal asignado al "VERTEDERO MUNICIPAL", emitiendo su Informe Técnico y elaborado el Plano de Ubicación, respectivos; así mismo el Asesor Legal, ha emitido su Informe Legal, recomendando que mediante Resolución Administrativa se consolide el derecho propietario del antes referido inmueble a favor del Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo y se inscriba el título de propiedad en Derechos Reales y el Servicio Nacional de Patrimonio del Estado (SENAPE).

**PORTANTO:** El Alcalde Municipal de Cuevo, en uso de sus facultades legales, dicta la siguiente RESOLUCIÓN:

**Artículo 1°.-** Se CONSOLIDA de forma definitiva a favor del GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE CUEVO, el derecho propietario del INMUEBLE URBANO ubicado en la localidad de CUEVO, provincia CORDILLERA del Departamento de SANTA CRUZ, de una superficie de ocho mil ochocientos setenta y tres con cuatro metros cuadrados (8873,04 m<sup>2</sup>), con las colindancias, dimensiones y demás características especificadas en el Plano de ubicación e Informe Técnico, respectivos. Inmueble asignado a la "VERTEDERO MUNICIPAL".

Regístrese, Comuníquese y cúmplase.

  
C. Marcela Velasco Céspedes  
ALCALDE  
Municipalidad de Cuevo



Dir.: Calle Ayacucho esq. Comercio  
Cel.: 74696036  
Cuevo - Santa Cruz - Bolivia

Por la Municipalidad Producción



# GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE CUEVO

Capital Folklórica de la Provincia Cordillera

Cuarta Sección Municipal de la Provincia Cordillera - Santa Cruz - Bolivia



Propietario Urbano, los Gobiernos Autónomos Municipales deben y están facultados para proceder a la titulación de sus inmuebles de dominio público y privado, y su inscripción en Derechos Reales; por lo que ha dicho fin se recomienda, lo siguiente:

- Mediante resolución administrativa, se consolide a favor del Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo, el derecho propietario de la "VERTEDERO MUNICIPAL".
- Se recomienda la protocolización del proceso de titulación y saneamiento legal de la "VERTEDERO MUNICIPAL", el mismo que se construirá en título de propiedad suficiente, y se proceda a su inscripción ante la Oficina de Derechos Reales.
- Asimismo, se registre el título de propiedad del inmueble, ante el Servicio Nacional de Patrimonio del Estado (SENAPE). Es cuánto informo a los fines legales consiguientes.

Dr. Vicente Coronado Torres  
ABESOR LEGAL  
GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE CUEVO





Suecia

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE CUEVO

# GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE CUEVO

Capital Folklórica de la Provincia Cordillera

Cuarta Sección Municipal de la Provincia Cordillera - Santa Cruz - Bolivia



## COMUNICACIÓN INTERNA 014/2019

Cuevo, 08 de abril de 2019

**A:** Josimar Velásquez Mérida  
**JEFE DE CATASTRO**

**A:** Vicente Coronado Torrez  
**ASESOR LEGAL**

**DE:** Lic. Marcelo Villagra Quispe  
**ALCALDE MUNICIPAL**

**Ref.: TITULACIÓN Y SANEAMIENTO LEGAL INMUEBLES MUNICIPALES  
DE CUEVO**

Señores:

En cumplimiento a la Ley Municipal de fecha 24 de abril de 2018 y emitida por el Concejo Municipal de Cuevo, se dispone instaurar los procesos legales correspondientes, para la titulación y saneamiento legal de los bienes inmuebles de dominio público "VERTEDERO MUNICIPAL" a favor del Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo, al efecto deberán:

Jefe de Catastro. - Medir y confeccionar plano, emitir informe técnico que contengan datos técnicos del inmueble.

Asesor Legal.- Emitir Informe Legal.

Atentamente.

  
Lic. Marcelo Villagra Quispe  
ALCALDE  
Gobierno Autónomo Municipal de Cuevo



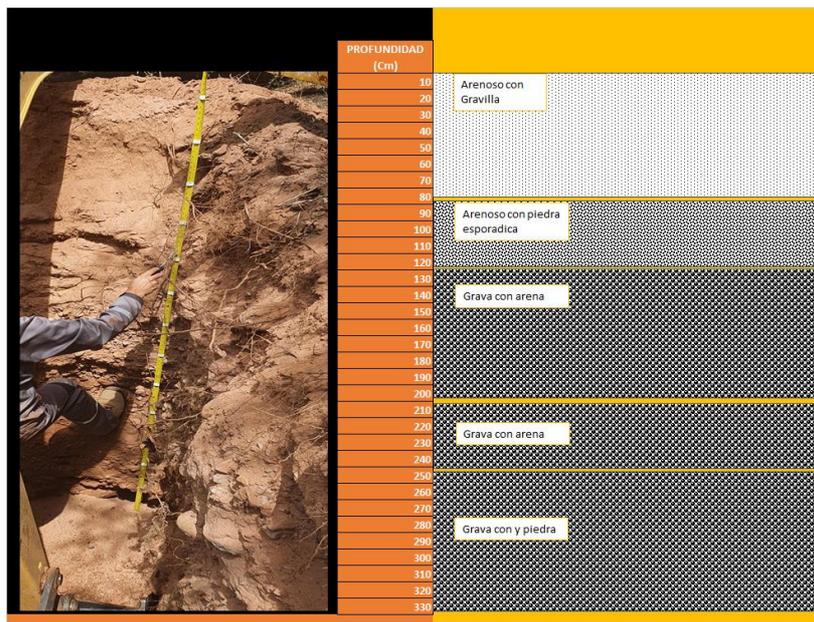
Dir.: Calle Ayacucho esq. Comercio  
Cel.: 74696036  
Cuevo - Santa Cruz - Bolivia

Por un Municipio Productivo



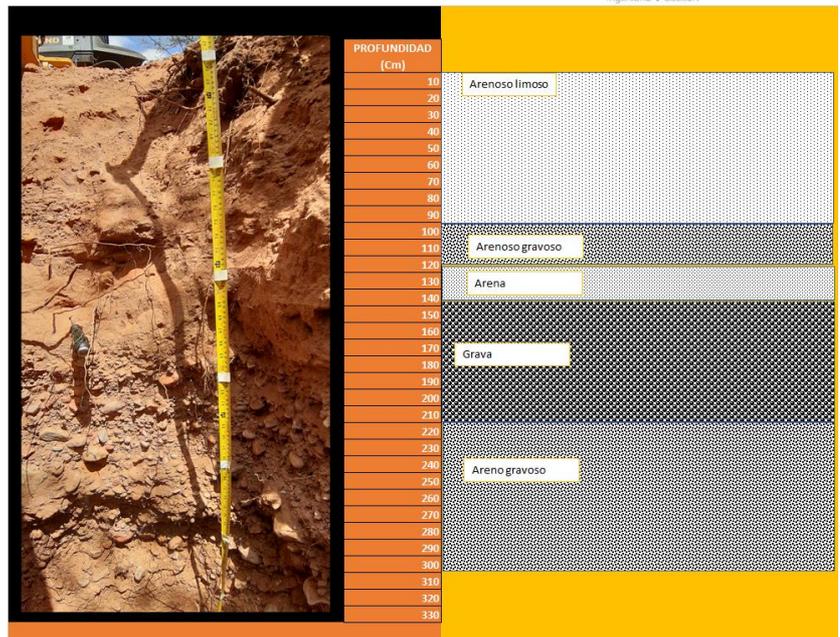
Fuente: Elaboración propia

### Características de la Calicata 1



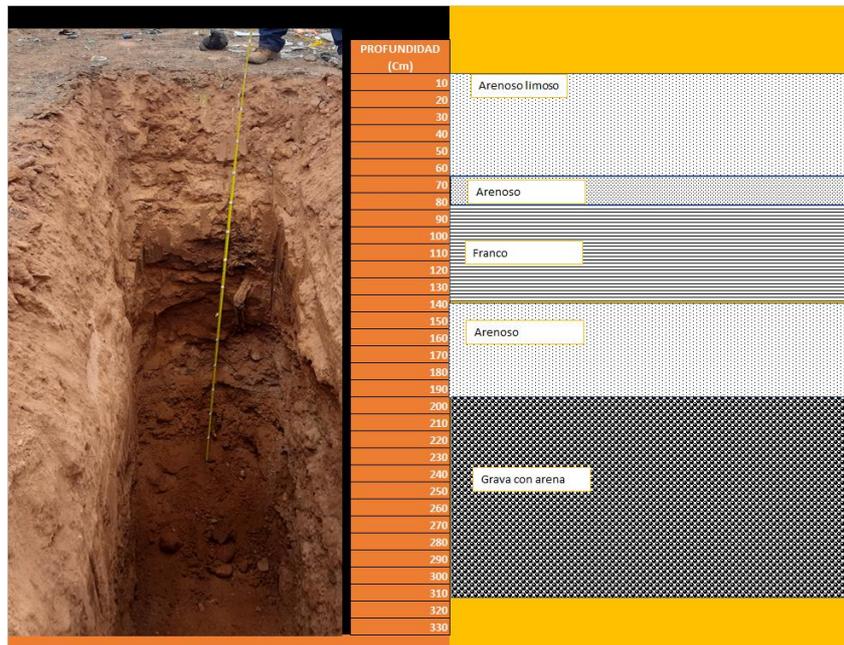
Fuente: Elaboración propia

### Características de la Calicata 2



Fuente: Elaboración propia

### Características de la Calicata 3



Fuente: Elaboración propia



ANEXO 5 INFORME DE PROCESAMIENTO

**LEVANTAMIENTO CUEVO OCTUBRE DE 2021**

**14 November 2021**



# Datos del levantamiento

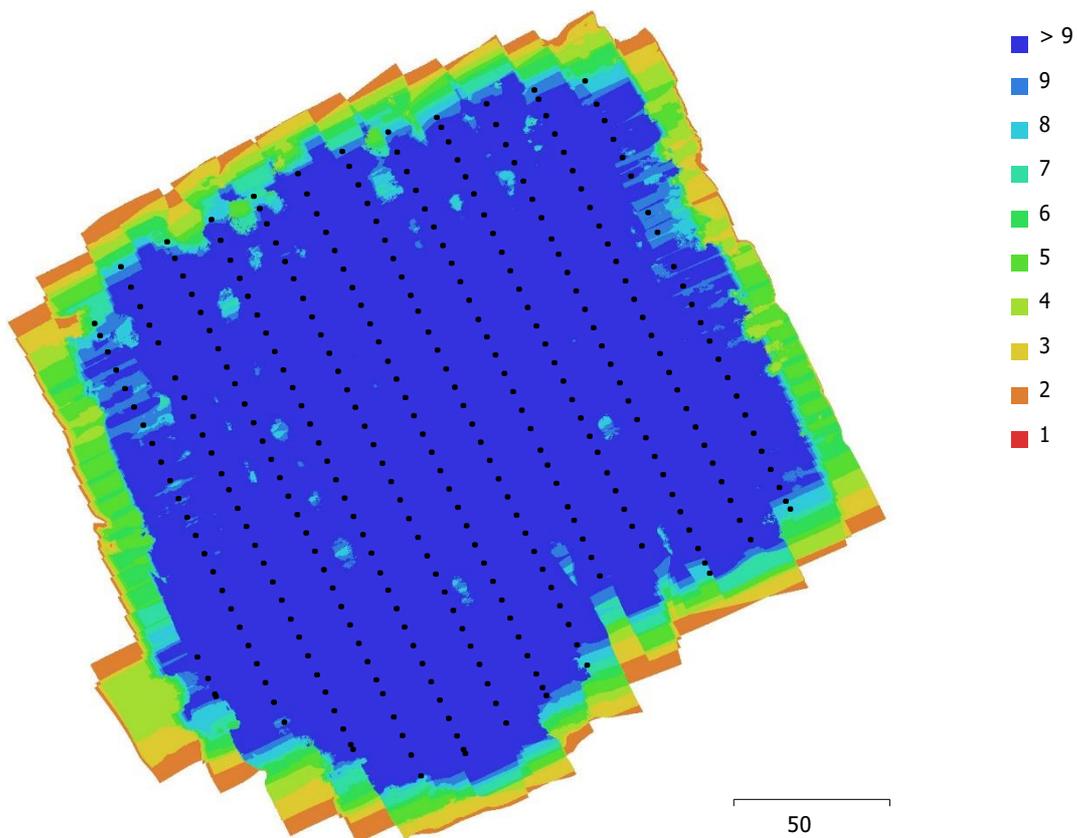


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes: 337

Altitud media de vuelo: 42 m

Resolución en terreno: 1.05 cm/pix

Área cubierta: 0.052 km<sup>2</sup>

Imágenes alineadas: 330

Puntos de paso: 124,420

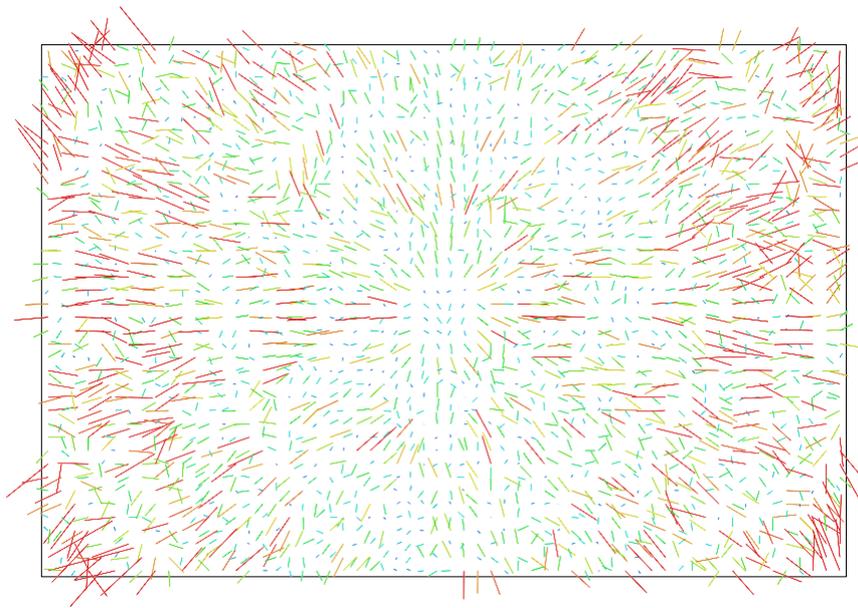
Proyecciones: 378,482

Error de reproyección: 0.249 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

# Calibración de cámara



1 pix

Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8mm).

## FC6310 (8.8mm)

337 imágenes

Tipo  
**Cuadro**

Resolución  
**5472 x 3648**

Distancia focal  
**8.8 mm**

Tamaño de píxel  
**2.41 x 2.41 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
<b>F</b>	<b>3693.76</b>	4.3	1.00	0.94	-0.38	-0.34	-0.05	0.42	-0.84	0.90	-0.92	0.17	-0.11
<b>Cx</b>	<b>1.98792</b>	0.33		1.00	-0.36	-0.25	-0.08	0.41	-0.79	0.85	-0.87	0.19	-0.10
<b>Cy</b>	<b>13.9805</b>	0.085			1.00	0.18	0.10	-0.12	0.31	-0.34	0.34	-0.01	0.29
<b>B1</b>	<b>-0.46971</b>	0.078				1.00	-0.01	-0.13	0.28	-0.30	0.31	-0.05	0.05
<b>B2</b>	<b>-0.48984</b>	0.068					1.00	-0.02	0.04	-0.04	0.04	-0.02	0.04
<b>K1</b>	<b>0.0149336</b>	0.00013						1.00	-0.60	0.57	-0.56	0.80	-0.13
<b>K2</b>	<b>-0.0881621</b>	0.0005							1.00	-0.99	0.97	-0.19	0.10
<b>K3</b>	<b>0.162635</b>	0.0013								1.00	-1.00	0.20	-0.11
<b>K4</b>	<b>-0.0991316</b>	0.001									1.00	-0.20	0.11
<b>P1</b>	<b>6.72637e-05</b>	4.8e-06										1.00	-0.05
<b>P2</b>	<b>-0.000134716</b>	1.8e-06											1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

# Posiciones de cámaras

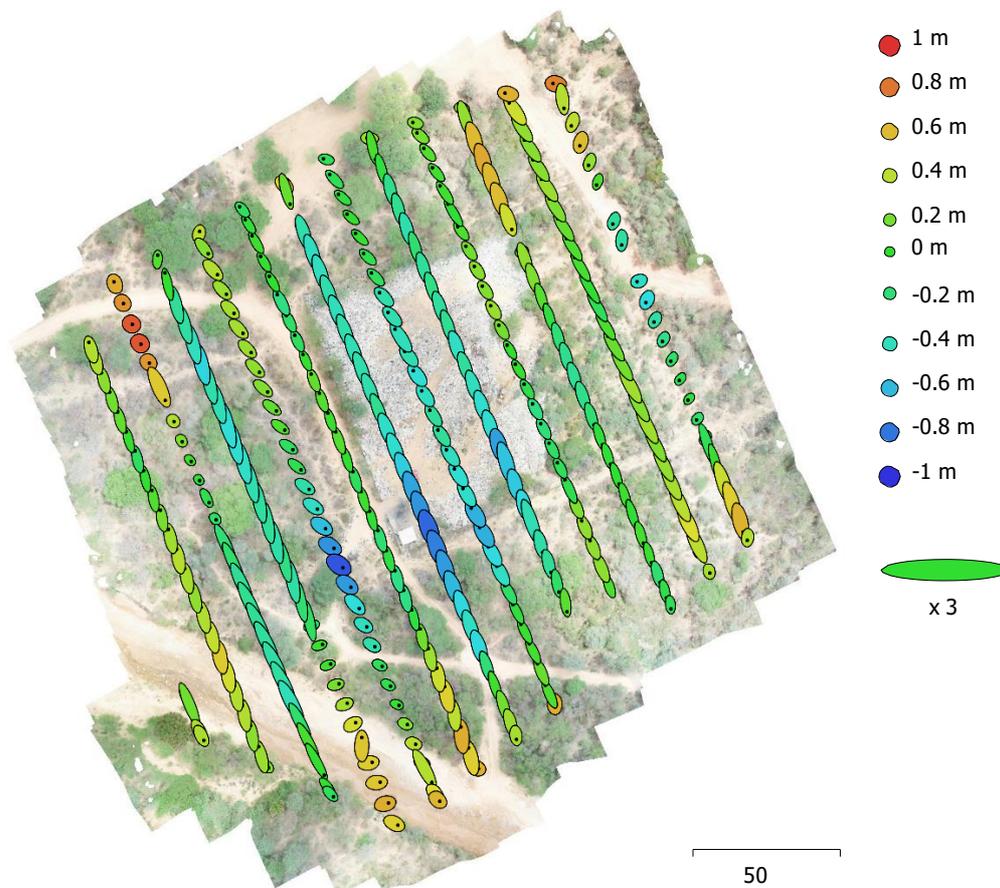


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.

El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.  
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
0.84903	1.87767	0.351115	2.0607	2.0904

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.

X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

# Modelo digital de elevaciones

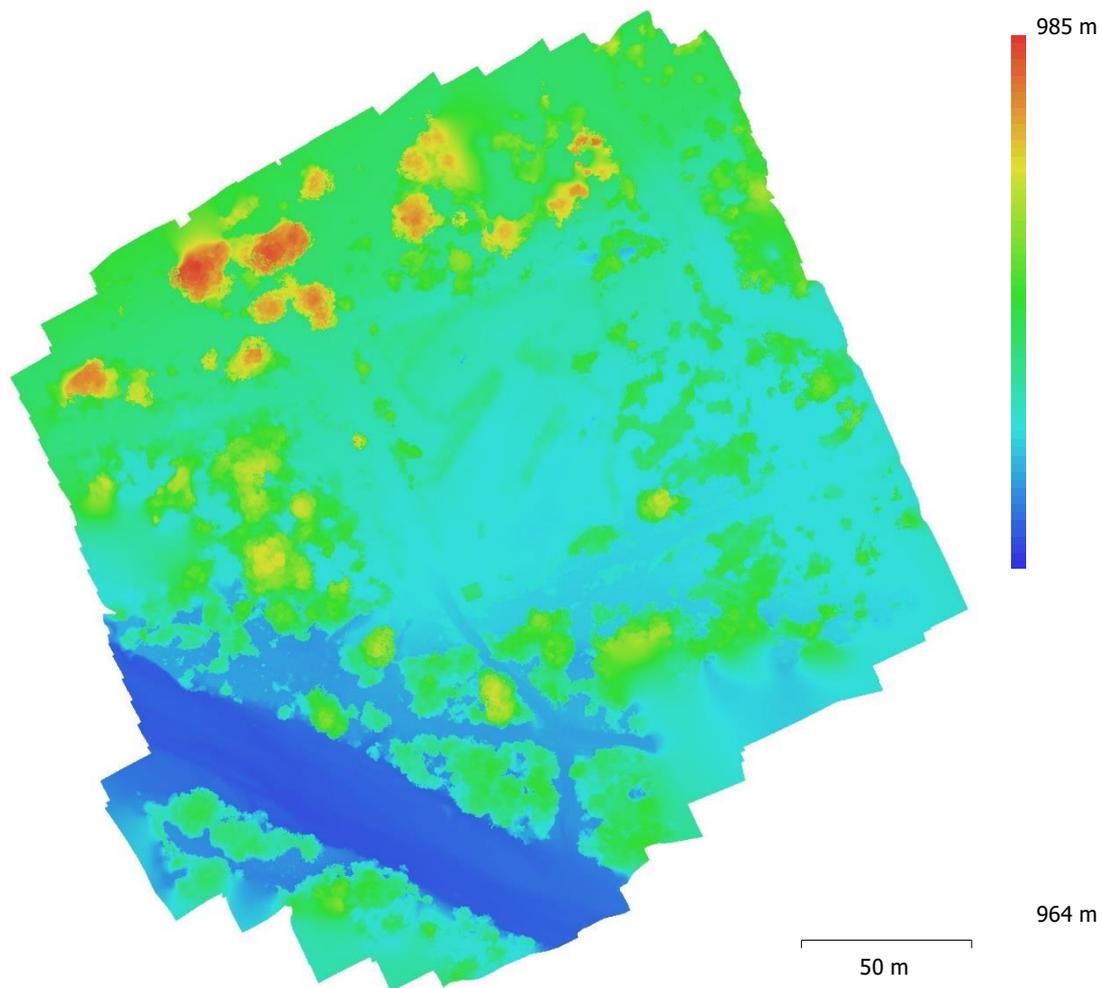


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución: 1.05 cm/pix  
Densidad de puntos: 0.911 puntos/cm<sup>2</sup>

# Parámetros de procesamiento

## Generales

Cámaras	337
Cámaras orientadas	330
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo

## Nube de puntos

Puntos	124,420 de 490,788
RMS error de reproyección	0.167248 (0.249217 pix)
Error de reproyección máximo	0.618156 (1.18469 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	1.48024 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	2.97873

## Parámetros de orientación

Precisión	Máxima
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	60,000
Puntos de paso por foto	0
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	8 minutos 40 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	2.47 GB
Tiempo de orientación	2 minutos 53 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	137.39 MB

## Parámetros de optimización

Parámetros	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	1 segundo
Versión del programa	1.6.2.10247

## Mapas de profundidad

Número	308
--------	-----

## Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	2 horas 4 minutos
Versión del programa	1.6.2.10247

## Nube de puntos densa

Puntos	726,947,373
Colores de puntos	3 bandas, uint8

## Parámetros de obtención de mapas de profundidad

Calidad	Extra alta
Nivel de filtrado	Agresivo
Tiempo de procesamiento	2 horas 4 minutos

## Parámetros de generación de la nube densa

Tiempo de procesamiento	3 horas 25 minutos
Versión del programa	1.6.2.10247

## MDE

Tamaño	33,688 x 33,275
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 20S (EPSG::32720)



### Parámetros de reconstrucción

Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	10 minutos 38 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247

### Ortomosaico

Tamaño	26,861 x 27,741
Sistema de coordenadas	WGS 84 / UTM zone 20S (EPSG::32720)
Colores	3 bandas, uint8

### Parámetros de reconstrucción

Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Tiempo de procesamiento	49 minutos 33 segundos
Versión del programa	1.6.2.10247

### Sistema

Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.6.2 build 10247
OS	Windows 64 bit
RAM	15.86 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-6700HQ CPU @ 2.60GHz
GPU(s)	NVIDIA GeForce GTX 950M



## 13. Anexos de Planos

Planos generales:

- Plano de enmallado y puerta
- Plano general de la caseta de vigilancia
- Plano general de Cuevo

Plano de la celda de Cierre del Botadero

- Drenajes y nivel de desplante
- Conformación Final
- Perfiles

Plano de la celda de Operación del Relleno de Cuevo

- Drenajes y nivel de desplante
- Conformación Final
- Perfiles

Plano de Chimeneas y detalles

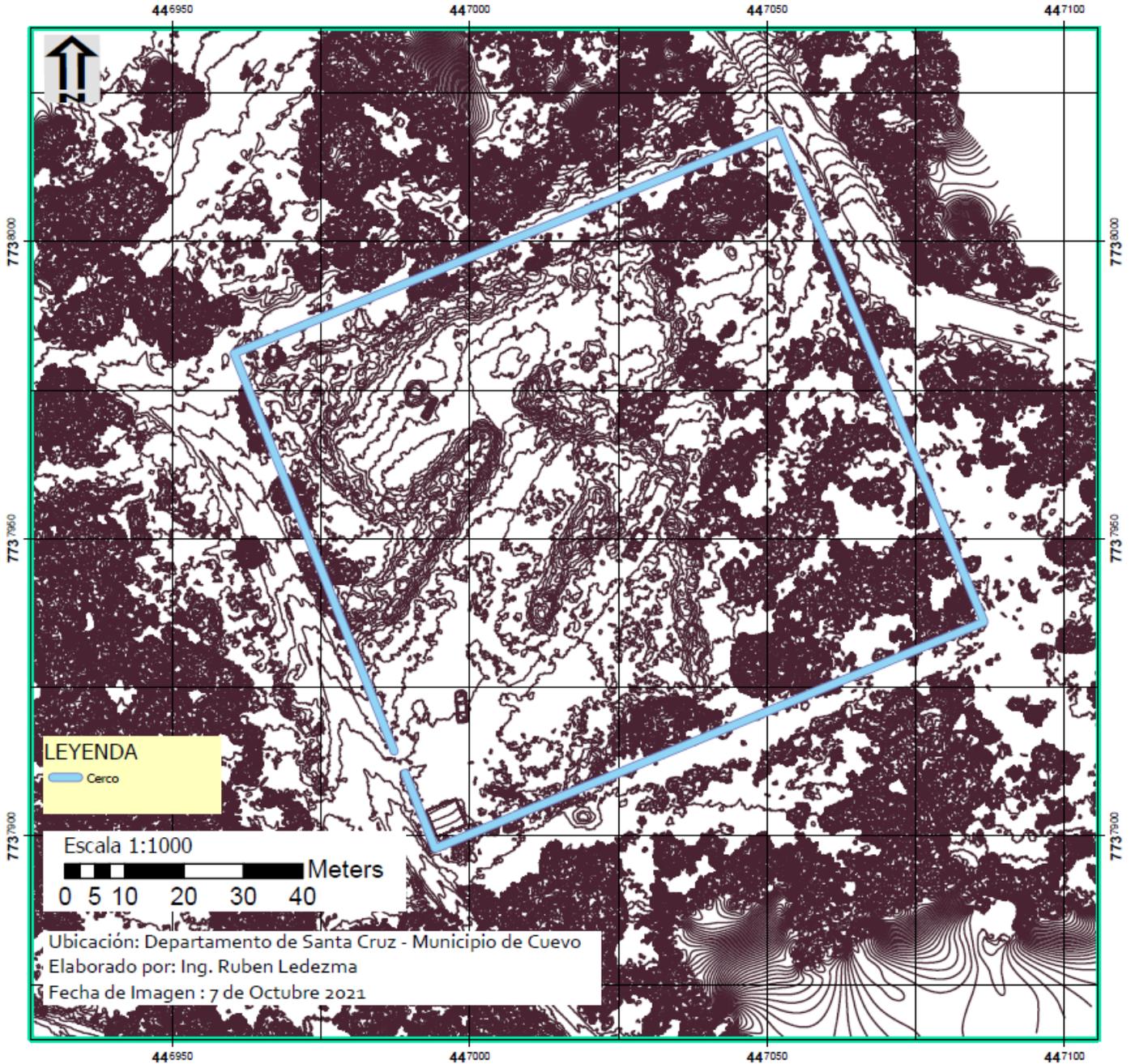
Planos del Levantamiento con Dron:

- ✓ Orto mosaico del Relleno sanitario de Cuevo
- ✓ Modelo Digital de elevación del relleno Sanitario de Cuevo
- ✓ Curvas de Nivel del relleno sanitario de Cuevo



## PLAN DE REHABILITACION DEL BOTADERO MUNICIPAL DE CUEVO

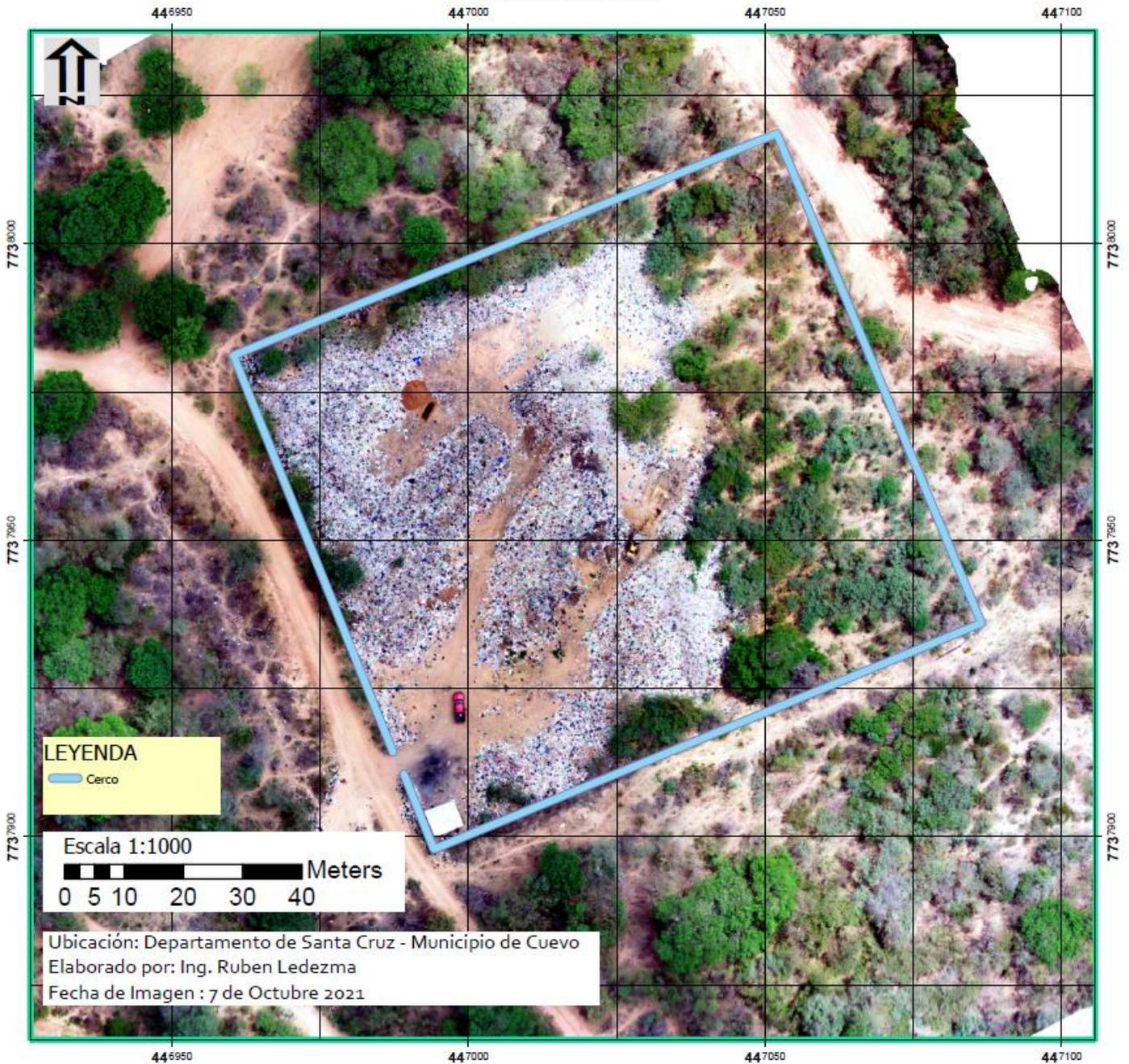
### CURVAS DE NIVEL (C. 20 cm)





## PLAN DE REHABILITACION DEL BOTADERO MUNICIPAL DE CUEVO

### ORTOMOSAICO





## PLAN DE REHABILITACION DEL BOTADERO MUNICIPAL DE CUEVO

### MODELO DIGITAL DE ELEVACION

