# Informe Avance de Propuesta

Servicio de Consultoría para la Elaboración del Anteproyecto de un Plan de Acción para la Clausura del Relleno Sanitario Cateura

CONTROL
Consultoría y Servicios de Ingeniería

Abril 2023

# Contenido

1. Antecedentes ..... 5
2. Justificación ..... 5
3. Objetivos de la Consultoría ..... 6
3.1. Objetivo general ..... 6
3.2. Objetivos específicos ..... 6
4. Análisis de Principales Antecedentes ..... 7
4.1. Proyectos asociados ..... 10
4.2. Marco legal e institucional ..... 12
5. Descripción de la Situación Actual del Relleno Sanitario ..... 20
5.1. Operaciones y componentes del vertedero de Cateura ..... 20
5.2. Estado de la infraestructura ..... 21
5.3. Estado de la infraestructura Sanitaria ..... 35
5.3.1. Sistema de recolección y Tratamiento de los lixiviados ..... 35
5.3.2. Red de agua Potable y desagüe cloacal ..... 38
5.3.3. Desagüe pluvial del vertedero ..... 38
5.3.4. Red de incendio ..... 39
5.4. Cantidad, tipos y características de los RSU depositados ..... 39
6. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN SOCIOAMBIENTAL EXISTENTE ..... 41
6.1. Ubicación de la zona de estudio ..... 41
6.2. Antecedentes de licenciamiento ambiental ..... 44
6.3. Contexto social del relleno sanitario ..... 55
6.4. Pasivos ambientales y sociales identificados ..... 55
7. DISEÑO DEL PLAN DE CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO ..... 59
7.1. Lineamientos generales para la clausura y postclausura del vertedero ..... 59

7.1.1. Medidas correctivas para mitigar, controlar o eliminar los impactos ambientales negativos ..... 60
7.2. Identificación y análisis de las posibles alternativas ..... 61
7.2.1 Manejo de gases ..... 61
7.2.2 Manejo de lixiviados ..... 65
7.3 Ventajas y desventajas de cada alternativa ..... 66
7.3.1 Tratamiento fisicoquímico (Método de concentración de contaminantes) 67
7.3.2 Osmosis Inversa (Método de concentración de contaminantes) ..... 67
7.3.3 Evaporación en lagunas (Método de concentración de contaminantes) . 68
7.3.4 Proceso biológico (Método de eliminación de contaminantes) ..... 68
7.3.5 Proceso biológico combinado (Método de eliminación de contaminantes) 69
7.3.6 Proceso de oxidación avanzada (Método de eliminación de contaminantes) 69
7.3.7 Observación respecto a las alternativas ..... 69
7.4. Análisis Sanitario ..... 70
7.4.1. Identificación y análisis de las posibles alternativas ..... 70
8. Análisis Geotécnico y Topográfico ..... 74
8.4. Antecedentes de los Suelos de los Bañados: Estudios Geológicos Geomorfológicos y Riesgos Geoambientales ..... 74
8.4.1. Caracterización Geológica de Asunción ..... 74
8.4.2. Secuencia Sedimentaria ..... 74
8.4.3. Consideraciones sobre el estudio del Cuaternario ..... 74
8.4.4. Caracterización Geomorfológica ..... 75
8.4.5. Riesgos Geológicos ..... 77
8.4.6. Conclusiones ..... 81

8.5. Consideraciones sobre la Consolidación de los Suelos de Base del Relleno 88
8.6. Relevamiento Topográfico y Visualización 3-D mediante Vuelo de Dron .. 89
8.7. Consideraciones sobre los Taludes del Relleno Sanitario ..... 90
8.8. Estudio de Alternativas de Cierre ..... 93
9. Fotogrametría Vertedero Cateura ..... 94
9.1. Descripción ..... 94
9.1.1. Metodología ..... 94
9.2. Objetivos ..... 94
9.2.1. Objetivo General ..... 94
9.2.2. Objetivos Específicos ..... 94
9.3. Alcance ..... 95
9.3.1. Zona de Estudio ..... 95
9.3.2. Plan de Vuelo ..... 95
9.4. Actividades ..... 95
9.4.1. Trabajos Preliminares ..... 95
9.4.2. Trabajos de Campo ..... 96
9.4.3. Producción de Documentos ..... 96
10. Análisis de Alternativa Arquitectónica ..... 97
11. Anexos ..... 100
11.1. Plano de Análisis de Alternativa Arquitectónica. ..... 100
11.2. Planos Topográficos ..... 100
11.2.1. Plano Ortomosaico. ..... 100
11.2.2. Plano Topográfico. ..... 100
11.2.3. Perfiles Longitudinales y Transversales. ..... 100
11.2.4. Modelo 3D. ..... 100

11.2.5. Perfiles Longitudinales L100-275. ..... 100
11.2.6. Perfiles Longitudinales L300-475. ..... 100
11.2.7. Perfiles Longitudinales L500-525. ..... 100
11.2.8. Perfiles Transversales T050-425. ..... 100
11.2.10. Perfiles Transversales T825-1000. ..... 100
11.2.11. Relevamiento Planimétrico 2. ..... 100
11.2.12. Topografía de Canales y Lagunas. ..... 100
11.3. Planilla resumen del marco legal e institucional. ..... 100

## 1. Antecedentes

El presente informe se elabora en el marco del Contrato N° 08/2023 correspondiente a la Contratación Vía Excepción N° 07/2022, ID N° 415.833 " Servicio de Consultoría para la Elaboración del Anteproyecto de un Plan de Acción para la Clausura del Relleno Sanitario Cateura", con orden de proceder N° 01/2023 con fecha 28/02/2023.

El Relleno Sanitario Cateura está ubicado en una zona de grandes humedales naturales que es parte de una reserva protegida y hay una laguna del mismo nombre, muy cercana al río Paraguay, zona comúnmente conocida como Bañado Sur de Asunción.

El objetivo general de la consultoría es la elaboración un Anteproyecto de Plan de Acción para la Clausura del Relleno Sanitario de Cateura.

## 2. Justificación

El relleno sanitario de Cateura ha sido un problema socioambiental importante durante varias décadas. Desde sus inicios en la década de 1970, el relleno ha sido el principal lugar donde se han depositado los residuos sólidos generados por la ciudad de Asunción y el área metropolitana.

A medida que la población de Asunción ha ido creciendo, también ha aumentado la cantidad de residuos que se generan, y el relleno sanitario de Cateura ha ido llegando a su capacidad máxima. Además, la gestión del relleno sanitario ha sido problemática, con una falta de recursos y capacitación adecuada para la administración encargada de gestionar los residuos.

Como resultado, el relleno sanitario de Cateura ha tenido varios impactos ambientales y de salud pública. Los lixiviados producidos por los residuos en descomposición se han filtrado en el suelo y en el agua subterránea, contaminando el entorno.

En los últimos años, ha habido un aumento de la conciencia y la acción en torno al problema del relleno sanitario de Cateura. Las organizaciones de la sociedad civil, junto con el gobierno, han trabajado para mejorar la gestión de residuos en Asunción y para explorar alternativas sostenibles al vertedero. También, existen hoy en día

proyectos de recuperación de materiales con potencial reciclable, lo que ha ayudado a reducir la cantidad de residuos que se envían al vertedero.

En general, la situación socioambiental del relleno sanitario de Cateura ha sido problemática durante mucho tiempo.

Como se mencionó en el ítem anterior actualmente la Municipalidad de Asunción cuenta con un "Plan Maestro para la Clausura y Post clausura del relleno sanitario" cuyo fin es el de implementar las obras de infraestructura y medidas necesarias para la remediación y recuperación del terreno en el cual hoy se asienta el Relleno Sanitario de Cateura, con posible uso futuro en beneficio de toda la comunidad.

## 3. Objetivos de la Consultoría

### 3.1. Objetivo general

Diseñar el Anteproyecto o Plan de clausura y post clausura (cierre técnico y saneamiento) del Vertedero Municipal de la ciudad de Asunción con el fin de suspender definitivamente la disposición final de los Residuos Sólidos en dicho predio, iniciando con esto el proceso de recuperación socio ambiental de la zona de influencia directa e indirecta de dicha actividad.

### 3.2. Objetivos específicos

✓ Identificar y diseñar obras y actividades que favorezcan la recuperación ambiental del sitio.

✓ Identificar problemas ambientales y sociales causados por la disposición final de los RSU durante el periodo de tiempo de operación del Vertedero.

✓ Diseñar el Plan de Clausura que contenga acciones correctivas y medidas tendientes a minimizar y/o controlar los impactos ambientales negativos identificados

✓ Cumplir con el marco legal ambiental, sanitario y de ordenamiento urbano territorial vigentes

✓ Elaborar un plan de manejo socio ambiental de la actividad en fase de clausura y post clausura del mismo.

✓ Proponer el plan de uso (aprovechamiento) posterior del sitio concertado con actores claves.

## 4. Análisis de Principales Antecedentes

Como es sabido, el proceso de clausura y post clausura del vertedero Cateura, viene proyectándose desde hace varios años. Como parte del proceso, se han elaborado varios documentos (diagnósticos, estudios, planes, proyectos, otros) con la finalidad de aportar la mayor cantidad de información para que dicho proceso sea ejecutado de la mejor manera posible, teniendo como premisa la prevención y/o mitigación de posibles impactos ambientales, sociales y económicos durante la ejecución del proyecto, en sus diferentes etapas.

Por otro lado, en el marco del desarrollo de otros proyectos de infraestructura o proyectos con finalidad ambiental y social, propuestos dentro del área de influencia del Vertedero Cateura, fueron también desarrollados varios documentos que, de cierta forma, podrían implicar en lineamientos, oportunidades y/o limitaciones para el planteamiento que se busca realizar para el proyecto de clausura y post clausura del vertedero Cateura.

Por consiguiente, se presenta a continuación un breve análisis y resumen de la información que se puede encontrar en cada documento que forma parte de los antecedentes, que están relacionados directa o indirectamente con la elaboración del presente Anteproyecto. Se resalta, además, todo posible lineamiento que pueda enmarcar las propuestas de acción como parte del Anteproyecto, tanto técnicas como socioambientales para la clausura del Vertedero Cateura.

➢ **Planes de Clausura y Post clausura - Cateura**

Documento elaborado por la Municipalidad de Asunción - Dirección de Gestión Ambiental, se estima data del año 2004.

Si bien este documento tiene ya varios años, incluye mucha información técnica y recomendaciones con respecto a la infraestructura, instalaciones y funcionamiento de Cateura y sus diferentes módulos. Presenta, además, medidas (cercamiento, terraplenes, accesos, impermeabilización, drenajes, pozos de monitoreo ambiental, tratamiento de lixiviado, sistema de eliminación de gases, otros) tendientes a maximizar la vida útil del área disponible para la disposición final de residuos. Si bien las medidas propuestas ya tuvieron que ser implementadas, es relevante tenerlas en cuenta para el proceso de clausura y post clausura de Cateura.

Cabe resaltar que, según lo escrito en este documento, el sitio de disposición de residuos urbanos es catalogado como Vertedero, esto hace referencia al manejo que tuvo la gestión en base a criterios establecidos por la bibliografía, principalmente en los módulos 1, 2, y 3 (sobre los que se han implementado obras de cierre). Actualmente, está en operación el módulo IV proyectado como un relleno sanitario desde su inicio y sobre el cual, desde ese entonces, se había otorgado una prórroga que postergaba por tres años más el cierre técnico total de Cateura.

El Manejo Ambiental propuesto en el marco de la clausura (periodo de tiempo en que la operación ha terminado y se realizan las coberturas de cierre) y post clausura (tiempo en el que hay que controlar que todo siga según lo esperado, con respecto a mínimamente el manejo de gases, lixiviado y erosión) tiene la finalidad de verificar que los residuos sólidos hayan alcanzado un grado de estabilidad tal que no presente un riesgo para la salud y seguridad pública, y que asegure la sostenibilidad ambiental del entorno; a partir del establecimiento de medidas de monitoreo previsto por al menos 20 (veinte) años.

Los monitoreos y/o controles en la etapa de clausura y post clausura deben permitir la identificación de fallas relacionadas por los siguientes aspectos priorizados:

Acumulación de gases.

Asentamiento diferencial del relleno.

Posibilidades de derrumbes.

Hundimiento de la cobertura final.

Fuga de gas.

Infiltración de lixiviado.

Por último, este documento menciona los siguientes lineamientos relacionados a las obras de post clausura:

Parquización y recreación.

No se deberán implementar edificaciones o construcciones pesadas.

Se deberá descartar el uso agrícola, ya que la capa de suelo es delgada y no admite el uso de maquinarias pesadas.

➢ **Plan Maestro para Operación de clausura y post clausura del Vertedero Cateura/Remediación del Vertedero**

El Plan Maestro fue aprobado a través de la Ordenanza N° 9/22 emitido por la Junta Municipal de Asunción, con fecha abril del 2022.

Este documento es producto del cumplimiento de la Resolución N° 877/2021, de fecha julio 2021, por el cual la Intendencia Municipal ordena a la Dirección General de Gabinete a coordinar las acciones necesarias para ofrecer una solución a la problemática que se presenta en el Vertedero Cateura y a dar cumplimiento sobre las recomendaciones emitidas por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADES, quien exhortó al Municipio a implementar de forma inmediata medidas conforme lo establecido en la Ley N° 3956/2099 ¨De gestión Integral de Residuos Sólidos¨ y su Decreto Reglamentario N° 7.391/2014.

Básicamente, este documento consta de dos partes, la primera establece lineamientos a ser llevados a cabo para dar respuesta preventiva de contingencia respecto a los requerimientos del MADES en carácter urgente, los cuales están relacionados con: 1) Acondicionamiento de superficie y preparación de suelo del área total destinada a la Planta de Transferencia, 2) Control y mantenimiento de las piletas de lixiviado, de las canalizaciones de lixiviado e instalación y puesta en funcionamiento del sistema de recirculación, 3) Mantenimiento de los terraplenes y taludes, estudios plan altimétricos para determinación de cantidad de chimeneas necesarias y 4) Nivelación del módulo IV y elaboración de Proyecto Ejecutivo para el cierre de todos los módulos.

Cabe indicar que algunos de los requerimientos solicitados por el MADES, fueron implementados en el Vertedero y pudo ser constatado a partir del relevamiento de las instalaciones del Vertedero en el marco de la presente consultoría y a partir de las entrevistas realizadas. No obstante, se aclara que no se pudo determinar el grado de cumplimiento, el funcionamiento y la efectividad de cada requerimiento, entre otros aspectos.

En general, este documento consolida una serie de medidas y especificaciones técnicas generales, relacionadas a:

Operación, clausura y post clausura del Vertedero Cateura,

Remediación del Vertedero,

Construcción, operación y mantenimiento de una Planta de Transferencia de RSU,

Diseño, construcción y operación de una Planta de Tratamiento de Lixiviados.

### 4.1. Proyectos asociados

➢ **Plan Maestro de Bañado Sur y el Plan Detallado del Área Costera**

El documento consultado y al que se pudo tener acceso corresponde a una presentación de avances finales del Plan Detallado, con fecha diciembre 2021. El Plan Maestro y Plan Detallado fue elaborado por KOICA - Corea International Cooperación Agency.

El objetivo del Plan Maestro y Plan Detallado, es hacer frente a través de propuestas y planes de desarrollo (comercial, residencial, educativo, público, infraestructuras, parques y áreas verdes) a las inundaciones frecuentes; asentamientos precarios; creciente, rápida y desorganizada urbanización, entre otros aspectos que son identificados en el área de influencia Bañado Sur, el cual linda con el Proyecto Costanera Sur. Por otro lado, las metas trazadas para dicho Plan consisten en la creación de una guía para el desarrollo y la gestión sistemática y planificada, a través de la racionalización del uso de suelo y el mejoramiento de la función y estética urbana.

Con respecto al ítem de Infraestructura Urbana - gestión de residuos sólidos, la parquización del Vertedero Cateura se establece como pre requisito para el desarrollo del Bañado Sur, lo que resulta en la obligatoriedad de priorizar la remediación del Vertedero por parte de las autoridades como ser la Municipalidad de Asunción y el Gobierno Central. En este contexto, se resalta además que dar inicio al proceso de parquización del Vertedero, demostrará mayor confiabilidad al Proyecto liderado por el sector público, resultando en un aumento a la atracción de inversión privada para luego avanzar en la etapa ejecutiva del Proyecto Modelo propuesto.

El PM destaca tres problemas principales en cuanto a la gestión de los residuos sólidos y plantea una solución por cada problema como se resume a continuación:

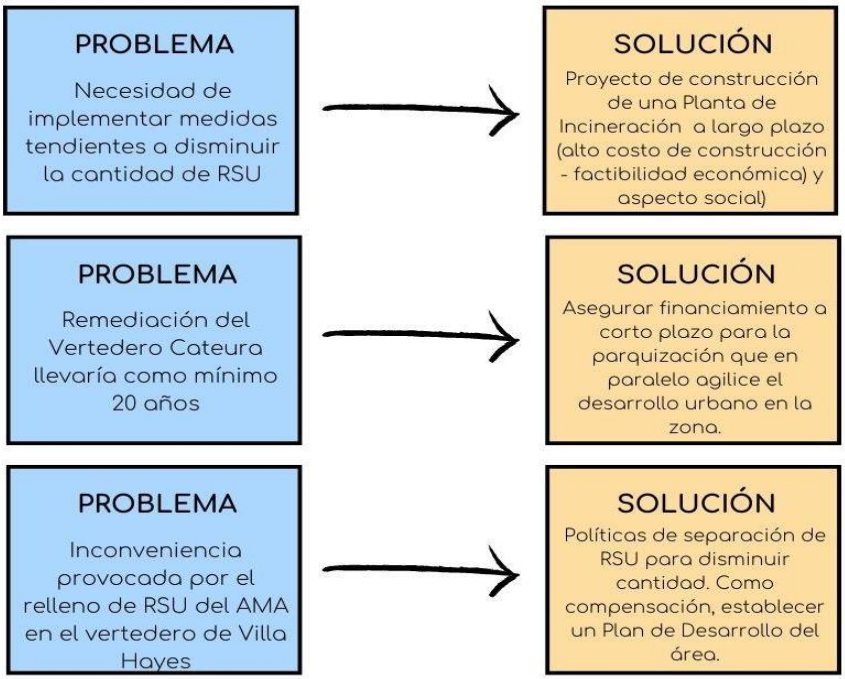



*Figura 1. Problemas y soluciones principales sobre RSU*
*Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Maestro Bañado Sur, 2021.*

Por último, según las estimaciones realizadas como parte del Plan Maestro del Bañado Sur desarrollado por la Agencia de Cooperación KOICA, el costo aproximado para la estabilización del Vertedero Cateura rondaría los 35 millones de dólares y el costo de parquización rondaría los 10 millones de dólares. En cuanto a la línea de tiempo y las etapas para el desarrollo de las propuestas relacionadas a la gestión de residuos, se presenta a continuación la siguiente figura.

*Figura 2. Plan de tratamiento propuesto de RSU por etapas*
*Fuente: Elaboración propia a partir del Plan Maestro Bañado Sur – Koica, 2021.*

## 4.2. Marco legal e institucional

En la presente sección se citan y describen brevemente las principales normativas legales que se consideran de interés y acompañan el desarrollo de la presente Consultoría. Así también se identifican las distintas instituciones que se encuentran directamente relacionadas con la Gestión Integral de los Residuos Sólidos y con dichas normativas principales.

Por otro lado, se presenta anexo a este documento, una tabla resumen del marco legal que reúne todos los instrumentos legales que están directamente relacionados con la temática desarrollada.

➢ **Ley Nº294/93 - "De Evaluación de Impacto Ambiental"**

La Ley declara obligatoria la Evaluación de Impacto Ambiental para actividades, proyectos y/o emprendimientos que se prevén implementar y cuyas características están mencionadas en dicha ley. Define Impacto Ambiental como toda modificación del ambiente provocada por dichas actividades proyectos y/o emprendimientos humanos que tengan como consecuencia positiva o negativa, directa o indirecta, afectar la vida en general, la biodiversidad, la calidad o una cantidad significativa de los recursos naturales o ambientales y su aprovechamiento, el bienestar, la salud, la

seguridad personal, los hábitos y costumbres, el patrimonio cultural, los medios de vida legítimos.

Al respecto, el Art. N° 7 de la citada Ley, expone la diversidad de proyectos y/o actividades que requieren de Evaluación de Impacto Ambiental, entre los cuales se menciona el inciso j) que hace referencia a "Recolección, tratamiento y disposición final de residuos urbanos e industriales". Este proceso requiere, además, que este tipo de actividad desarrollada, cuente con un Plan de Manejo de Residuos Sólidos, Plan de Gestión Ambiental, Plan de Disposición de Residuos, entre otros estudios, que conforman la Evaluación de Impacto Ambiental.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

➢ **Ley N° 3956/09 - De Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la República del Paraguay - GIRS**

Esta Ley establece un régimen jurídico aplicable a la producción y gestión responsable de los residuos sólidos, tendiente a evitar situaciones de riesgo para la salud humana y la calidad ambiental. La misma obliga a que la gestión integral de los residuos sólidos deba ser sanitaria y ambientalmente adecuada, con contención a los principios de prevención y control de impactos negativos sobre el ambiente y la salud humana.

Asimismo, establece la competencia de los Municipios en la protección del ambiente y cooperación con el saneamiento ambiental, específicamente a lo que se refiere al servicio de aseo urbano y domiciliario, comprendidas en todas las fases de GIRS (generación, recolección, almacenamiento, transporte, transferencia, tratamiento o procesamiento y aprovechamiento, hasta la disposición final).

Autoridad: La Autoridad de Aplicación de la mencionada Ley es el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible y, tal como fue mencionado, es competencia Municipal la protección del ambiente y la cooperación con el saneamiento ambiental en lo referente a la gestión de residuos sólidos, dentro de cada territorio municipal.

➢ **Ley Nº 3966/10 "Orgánica municipal"**

En el Art. 12º esta ley establece que, en materia de infraestructura pública y servicios, la regulación y prestación de servicios de aseo, recolección, disposición y tratamiento de residuos están a cargo del municipio. En materia de ambiente, tienen la

responsabilidad de la preservación, conservación, recomposición y mejoramiento de los recursos naturales significativos, así como la regulación y fiscalización de estándares y patrones que garanticen la calidad ambiental del municipio.

Autoridad de Aplicación: La Municipalidad.

➢ **Ley Nº 5882/17 "De Gestión Integral de Pilas y Baterías de Uso Doméstico"**

Esta normativa establece los mecanismos adecuados de segregación, reutilización, almacenamiento, recolección, transporte, reciclaje, tratamiento y disposición final de pilas y baterías de uso doméstico. Además, menciona las obligaciones sujetas al fabricante, ensamblador, importador, comercializador y consumidor, así como a los Municipios y, por otro lado, compromete a la SEAM la elaboración del Plan de Gestión Ambiental Integral de Pilas y Baterías.

Son las autoridades de aplicación y de regulación de la presente Ley: el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Industria y Comercio y las Municipalidades en el ámbito de competencia.

➢ **Decreto N° 7.391/17 "Por el cual se reglamenta la Ley 3956/09 de Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la República del Paraguay"**

Esta norma establece los parámetros para que el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible pueda dictar el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PNGIRS), que una vez publicado obliga a las Gobernaciones y Municipios a tomar el Plan como referencia para elaborar sus propios planes de gestión que también son exigidos por la reglamentación.

También impone la obligación de que grandes generadores (aquellos que generen residuos igual o mayor a 10 toneladas brutas al año) cuenten con sus propios planes de manejo de residuos sólidos producidos. Esto quiere decir, que todas las empresas que estén encargadas de la producción, distribución o comercialización de bienes, una vez terminada la vida útil de sus productos, deberán prever en su plan de manejo algún sistema de recuperación o retorno; proceso de reutilización o reciclaje y disposición de dichos productos.

A su vez, establece que los pequeños generadores (ej. población en general) están obligados a disponer sus residuos en envases diferenciados (ej. bolsas de color

verde para vidrios, bolsa naranja para residuos orgánicos) a fin de facilitar la recolección y reciclaje en la fuente (domicilio). Cabe señalar que, por esta norma, la propiedad de los residuos es transferida a la Municipalidad desde el momento de su recolección. Asimismo, el decreto busca cumplir con el Principio de Valorización y Aprovechamiento de los Residuos y para dicho efecto, dispone que la Municipalidad puede transferir la propiedad de los residuos, a título oneroso o gratuito, para que sean utilizados como insumo o materia prima en otro proceso productivo.

Recalca la necesidad de promover la participación de todos los sectores sociales (o actores involucrados) en la gestión de los residuos y fomentar el trabajo en conjunto para mejorar el manejo de los residuos.

Por último, establece lineamientos y normas básicas que están relacionadas a la prestación del Servicio Público de Aseo: almacenamiento previo, recolección y transporte, barrido y limpieza de áreas públicas, estaciones de transferencia, equipo de transporte, Planta de selección y tratamiento de residuos sólidos, recuperación y aprovechamiento de los residuos sólidos y disposición final.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

➢ **Resolución Nº 282/04 "Por la cual se implementan los Criterios para la Selección de Áreas para la Disposición Final de Residuos Sólidos en Rellenos Sanitarios"**

La Resolución emitida por la Secretaría del Ambiente, hoy Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece los criterios de selección de sitios para su uso como rellenos sanitarios, a efectos de la disposición final de los residuos sólidos urbanos. Entre los mencionados criterios se contemplan los siguientes; uso y ocupación del terreno; pendiente del terreno; distancia al centro de recolección, entre otros.

Cabe resaltar que, los criterios presentados en la presente normativa, deben ser considerados principalmente, para identificar las características que deben cumplir los rellenos sanitarios aprobados y autorizados para la disposición final de los residuos sólidos, y compararlos con aquellos sitios considerados como vertederos clandestinos y/o no controlados, los cuales son sitios de disposición informal, no autorizados y que además, generan degradación ambiental y riesgo de afectación a la salud de la población, entre otros impactos.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

➢ **Resolución N° 750/02 - Reglamento referente al Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos, Peligrosos Biológicos – Infecciosos, Industriales y Afines**

La presente Resolución emitida por el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPyBS), modifica la Resolución Nº 548/95, aprobando el reglamento referente al manejo de los residuos sólidos urbanos peligrosos biológicos–infecciosos, industriales y afines, donde se dispone la prohibición de la disposición, abandono o quema de desechos sólidos, cualquiera sea su procedencia, a cielo abierto, en vías o áreas públicas, en lotes de terrenos públicos o privados, en cuerpos de aguas superficiales (arroyos, ríos, lagos, esterales, canales de desagüe pluvial, etc.) o cualquier actividad que pueda afectar las aguas subterráneas.

Son las autoridades de aplicación y control el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social.

➢ **Resolución N° 627/16 "Por la cual se prohíbe la importación de neumáticos usados para su reutilización directa sin previa re manufacturación y se reglamenta la gestión integral de los neumáticos usados generados en el país"**

La norma derogó la Resolución SEAM Nº 1078/11 “Por la cual se prohíbe la importación de neumáticos usados para su reutilización directa sin previa re manufacturación”, y establece los lineamientos para la gestión integral de los residuos de neumáticos usados generados en el país, obliga a los productores de neumáticos a registrarse en el Registro Nacional de Fabricantes, Importadores y Comercializadores de Neumáticos, responsabiliza a dichas empresas como al Municipio que posean instalaciones adecuadas y con Declaración Ambiental expedida por la SEAM para proceder a la recolección, almacenamiento, tratamiento y disposición final implementando el ciclo de vida acorde a lo estipulado en el anexo de dicha Resolución.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible

➢ **Resolución Nº 355/2020 “Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Peligrosos (PNGIRP) en el marco de la Ley Nº567/95 “Que aprueba el Convenio de Basilea”, de la Ley Nº294/93 “De**

**Evaluación de Impacto Ambiental" y de la Ley N° 3956/09 "De Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la República del Paraguay"**

Se adjunta a la presente resolución el instrumento que ayuda a gestionar y disponer de manera adecuada los residuos peligrosos. Dicho Plan conforma un diagnóstico de la generación y manejo de los residuos sólidos peligrosos, un marco legal e institucional en el cual se sustenta la elaboración de dicho Plan, un inventario elaborado a partir de fuentes secundarias, el cual responde a la cantidad y tipo de residuos peligrosos generados en el Paraguay.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible

➢ **Resolución Nº 356/2020 "Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PNGIRSU) en el marco de la Ley Nº 3956/2009 "De Gestión Integral de los residuos sólidos en la República del Paraguay"**

La norma presenta la guía técnica para orientar a los municipios mayores, intermedios y menores a contar con un plan que ayude a mejorar la gestión de los residuos sólidos urbanos. Dicho plan conforma un diagnóstico de la generación y manejo de los residuos sólidos urbanos, un marco legal e institucional en el cual se sustenta la elaboración de dicho plan, un inventario elaborado a partir de fuentes secundarias, el cual responde a la cantidad y tipo de residuos urbanos generados en el Paraguay.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible

➢ **Resolución Nº 61/2022 "Por la cual se establece el Procedimiento de presentación y registro de los Planes Municipales de Gestión Integral de residuos sólidos, en el marco de la Ley Nº 3956/2009 "De Gestión Integral de los residuos sólidos en la República del Paraguay" y su Decreto Reglamentario Nº7391/2017**

Dicho instrumento menciona los documentos que deberán ser presentados para el registro de los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Además, menciona el plazo de presentación del Inventario de residuos sólidos y sus fuentes generadoras cuya presentación es responsabilidad de los Municipios.

Autoridad de Aplicación: Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible

➢ **Ordenanza N° 408/14 "Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y la Promoción de la Cultura de Basura Cero"**

La normativa sustituye la Ordenanza Nº 143/00 con el fin de promover la importancia del mantenimiento de las condiciones de salubridad dignas para el ciudadano con el propósito fundamental de preservar la calidad de vida y el ambiente, se adopta el concepto de "Gestión de Basura Cero", lo cual implica el principio de reducción de los Residuos Sólidos Urbanos por medio de adopción de medidas orientadas a la separación selectiva, recuperación, reciclado y eliminación de residuos, acciones fundamentales para mejorar la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos generados en la ciudad de Asunción.

Además, esta Resolución, desarrolla temas como la concienciación en el manejo integral de los residuos sólidos y la participación ciudadana, sobre la disposición de residuos en la vía pública y predio privado, limpieza y delimitación de predios baldíos, limpieza de la vía pública, generación de residuos sólidos y separación en origen, entre otros aspectos.

Son las autoridades de aplicación y control la Municipalidad de Asunción y el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

➢ **Ordenanza Nº 18/22**

En esta ordenanza se aprueba el inicio de los trámites legales y administrativos para realizar la concesión del servicio público precedida por la ejecución de obra pública, conforme a lo establecido en el Art. 2º de la Ley Nº 1618/00. Además, se cuenta con el relatorio de antecedentes jurídicos en materia de gestión ambiental y servicios urbanos, explicando la situación del relleno de Cateura y las razones por las cuales se rescinde del contrato con la empresa EMPO LTDA. & ASOCIADOS y se adjudica al Consorcio Integral de Gestión de Residuos (GIRSA) por vía de la excepción para el servicio de "Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y sus derivados líquidos recepcionados en el relleno sanitario Cateura".

Autoridad de Aplicación: Municipalidad de Asunción.

➢ **Ley Nº1561/2000 “Crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente”**

La presente ley tiene por objeto crear y regular el funcionamiento de los organismos responsables de la elaboración, normalización, coordinación, ejecución, y fiscalización de la política y gestión ambiental nacional, es por ello que se crea el SISNAM conformado por órganos y entidades públicas con competencia ambiental, así como también la integración de entidades privadas. Asimismo, se incluye la creación del CONAM mencionando sus integrantes, así como sus funciones y por último menciona la creación de la SEAM, en la cual se indican sus funciones, atribuciones y responsabilidades, así como también su estructura organizacional.

➢ **Ley Nº6123/2018 "Que eleva al rango de Ministerio a la Secretaría del Ambiente y pasa a denominarse Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible"**

Esta normativa eleva a rango de Ministerio la SEAM creada por la Ley Nº1561/2000. En la misma se indica los objetivos del Ministerio mencionando que este se regirá por las disposiciones de la Ley Nº1561/2000 a excepción al Capítulo II del CONAM el cual se deroga por la presente Ley, asimismo, se nombra como autoridad de aplicación de la Ley Nº3239/07 "De los recursos Hídricos del Paraguay".

➢ **Ley Nº904/1963 "Que establece las funciones del Ministerio de Industria y Comercio"**

Tal como indica el título de la ley, en ella se encuentran definidas las funciones del MIC, siendo esta la encargada de fomentar la producción industrial, facilitar la distribución, circulación y consumo de los bienes de origen nacional y extranjero y promover el incremento del comercio interno e internacional.

➢ **Decreto Ley Nº2000/1936 "Créase el Ministerio de Salud Pública" y Decreto Ley Nº2001/1936"Ley Orgánica de Salud Pública para el funcionamiento del Ministerio de Salud Pública"**

La primera normativa hace referencia a la creación propiamente del Ministerio como encargo de custodia y defensa sanitaria del país. En tanto la segunda se adopta la ley para el funcionamiento del Ministerio, además se exponen las atribuciones y de las distintas dependencias que guardan relación con dicho Ministerio exponiendo lineamientos para su gestión.

## 5. Descripción de la Situación Actual del Relleno Sanitario

El desarrollo de este capítulo y de las secciones que lo componen, fue elaborado a partir de información primaria, la cual fue obtenida a partir de la visita realizada al vertedero Cateura, y en base a la información obtenida de entrevistas con los responsables del acompañamiento por parte del Consorcio GIRSA. Por otro lado, se ha utilizado, información secundaría a la que se ha podido acceder para posibilitar el desarrollo presentado a continuación.

### 5.1. Operaciones y componentes del vertedero de Cateura

El Consorcio GIRSA se encuentra operando el vertedero Cateura desde mediados del año 2022. Recientemente, se ha procedido a la firma entre la Municipalidad de Asunción y el Consorcio, para la operación por 20 años con posibilidad de prórroga por 5 años más, para la recepción, segregación, transporte y disposición final, además de la construcción de una estación de transferencia en el relleno, el cual se enmarca en el proceso de cierre técnico del Relleno Sanitario de Cateura como sitio de disposición final de residuos sólidos.

Según la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) N° 2316/21 del proyecto “Área de segregación de RSU” gestionada por el Consorcio GIRSA, el predio del vertedero posee una superficie total de 46 ha. Los componentes del vertedero actualmente se distribuyen de la siguiente manera:

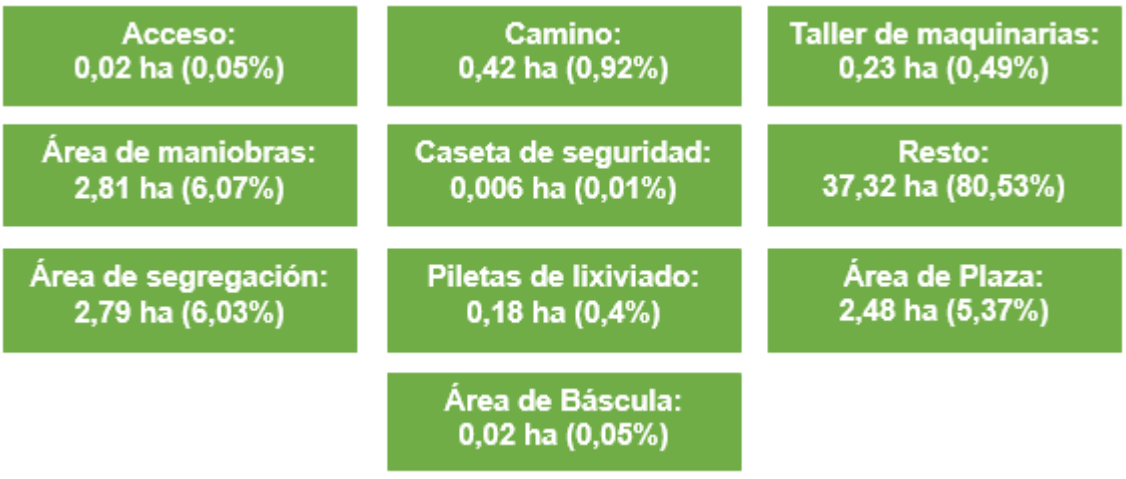



*Figura 3. Componentes del Vertedero y sus áreas correspondientes*
*Fuente: DIA MADES N° 2316/21 del proyecto “Área de segregación de RSU”*

## 5.2. Estado de la infraestructura

Las instalaciones del relleno sanitario de Cateura se encuentran actualmente en condiciones aceptables con varios puntos de mejora a ser implementados por parte de la firma GIRSA.

Se cuenta con una oficina destinada al área administrativa, bien puesta y equipada, con todas las comodidades para el trabajo diario, cuenta con un amplio espacio para los funcionarios administrativos, una sala de reuniones y baño. Además, cuentan con un contenedor prefabricado utilizado como oficina del área logística.

Se tiene una caseta de control para el ingreso de los camiones y cuentan con dos básculas, una en la entrada y otra en la salida. Se les realizan mantenimientos periódicos a las básculas que suelen hacerse los días y horas de menor frecuencia de ingreso de camiones. A fin de asegurar la operatividad y pesaje de los camiones que llegan al vertedero todos los días, los mantenimientos se realizan por turno. En el mismo predio se cuenta con una caseta de la supervisión de la municipalidad, que realiza el control cruzado del ingreso de los camiones y el peso de los residuos que ingresan.

*Figura 4. Zona de pesaje de camiones (Báscula)*

En este punto, es importante mencionar que se cuenta con un acceso diferenciado y sin ningún tipo de control para los carriteros y motocarros que llegan a Cateura

para realizar la disposición final de los residuos que retiran, en su mayoría, de ciertas zonas donde no se cuenta con el servicio de recolección municipal.

Por otro lado, se cuenta con una zona destinada al área de segregación de residuos ubicada en la zona que pertenecería al módulo I del Vertedero (actualmente inoperativa), en la cual se ha iniciado la construcción de un tinglado (inconcluso) por parte de la administración anterior, el cual formará parte de la infraestructura de la estación de transferencia.

GIRSA ha realizado tareas de acondicionamiento del área de segregación como ser la nivelación del terreno, y tienen planificado reactivar la construcción de infraestructura necesaria para la estación de transferencia, en la cual los residuos serán depositados en la zona de recepción o descarga, siendo las mismas cargadas por un equipo (bobcat) a las tolvas, cayendo sobre la cinta de alimentación, pasando por un equipo desgarrador de bolsas, para luego ir a un tamiz o trommel que separará los materiales finos de los gruesos, pasando de las cintas elevadoras a las cintas de clasificación y ductos de descargas, para finalmente llegar al sitio donde se tiene el electroimán donde se separarán los metales, y posteriormente caer los residuos de rechazo en los camiones para su traslado hasta el sitio de disposición final en Villa Hayes.

*Figura 5. Área destinada a la segregación de residuos*

*Figura 6. Estación de transferencia inconclusa*

Los residuos que se encontraban en esta área frente a lo que sería la futura planta de segregación se dispuso sobre el módulo III. En esta zona se realizaron trabajos de perfilamiento de los taludes en dicho módulo, siguiendo aproximadamente los taludes que ya tenían los niveles inferiores.

Se ha observado que la zona que ya no se encuentra operativa, la vegetación ha tomado lugar con buen crecimiento de pastos como se puede observar en la siguiente figura.

*Figura 7. Taludes con vegetación del módulo inactivo*

*Figura 8. Comparación del módulo inactivo con vegetación del módulo IV (de fondo) aún en operación.*

Sobre el trabajo de los Gancheros, el entrevistado manifestó que el Consorcio GIRSA cuenta con un área destinada, habilitada por el MADES, para la recepción y manipulación de los residuos. Existen actualmente 3 asociaciones de gancheros, COSIGAPAR, ASOTRAVERMU Y SIGREM, operando con 105, 223 y 125 miembros respectivamente, dando un total de 453 Gancheros registrados y censados

oficialmente en fecha 6 de octubre del 2022. Las diferentes asociaciones de gancheros cuentan con chalecos de diferentes colores y están numerados con la cantidad de miembros de dichas asociaciones.

No se tiene aún bien definido cuando se retomará con la construcción del tinglado para el área de segregación (estación de transferencia) pero existe un proyecto denominado “PROYECTO EJECUTIVO INTEGRAL DE LA PLANTA RECUPERADORA DE RESIDUOS”, desarrollado por la firma TECNICON S.A. desarrollado en el marco de una Cooperación entre la Municipalidad de Asunción y el PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD), como resultado de la Solicitud de Propuestas SDP/00100857/250/2021

A continuación, imágenes referenciales del trabajo en el Vertedero Cateura.

*Figura 9. Operación actual de separación de residuos por parte de los gancheros sobre el módulo IV*

El lixiviado generado se gestiona a través de un sistema de captación el cual incluye cañerías, bombas, un generador, entre otros. Se recoge el líquido producido por la descomposición de los residuos y se conduce hasta la laguna de lixiviados. El lixiviado actualmente no se trata, se deja almacenado en lagunas (piletas de lixiviados) y por un proceso de evaporación natural y recirculación va disminuyendo el volumen del lixiviado almacenado.

Existen dos lagunas (piletas de lixiviados) en buenas condiciones, una de ellas es la principal (Pileta 1), de mayores dimensiones y capacidad de almacenamiento, que opera con el sistema de bombeo y recirculación de los lixiviados, mientras que la segunda laguna (Pileta 2), que posee una forma triangular, funciona como una laguna de contención auxiliar. Estas piletas no se encuentran conectadas, ya que se

ha cortado toda comunicación o filtración con los drenajes de lixiviados e inclusive con los drenajes pluviales.

*Figura 10. Laguna principal (Pileta de lixiviado)*

*Figura 11. Piletas de lixiviados (1 y 2)*

Se cuenta adicionalmente con una pequeña pileta auxiliar, que se encuentra hacia el norte del relleno, que impulsa el lixiviado a un canal perimetral ubicado en la plataforma de lo era anteriormente el módulo III, desde donde por gravedad va hasta el pozo de recepción de lixiviados.

*Figura 12. Pileta auxiliar de lixiviado*

El drenaje de agua pluvial se maneja de manera separada de los lixiviados. Se cuenta con canales abiertos perimetrales que bordean a los diferentes módulos captando el agua de lluvia. El desagüe pluvial cae a un canal al fondo del predio que luego se conecta con el río Paraguay. Es importante señalar que falta completar la construcción de drenaje pluvial en el vertedero y que en ciertas zonas hace falta realizar un mantenimiento y profundización de los canales.

*Figura 13. Canal de drenaje pluvial a la derecha, pileta de lixiviado a la izquierda.*

Con respecto al manejo de gases, se han identificado tres chimeneas en terreno y según lo indicado por el encargado del Consorcio, existen actualmente cinco, cuando lo recomendable es mantener una cobertura para cada chimenea de 30 a 50 metros, para garantizar la adecuada eliminación de los gases internos. Durante la visita, no pudieron responder sobre el funcionamiento técnico del sistema de captación de gases, sus materiales y procesos de instalación, composición y de si se realizan monitoreos de los gases.

El manejo adecuado de los gases, generados por la descomposición orgánica de los residuos sólidos urbanos dentro de los módulos, es de suma importancia de manera a evitar la acumulación de gases inflamables y posibles focos de incendios (como los ya ocurrido en Cateura en años anteriores).

*Figura 14. Chimeneas de eliminación de gases*

Entre otras instalaciones, se cuenta con casetas de seguridad, área de comedor para el personal, área de reparación, mantenimiento y limpieza de maquinarias, equipos y vehículos, dispensador de combustible (solo diésel) y una tienda social de Voluntarias Cateura.

Como medida de salud y seguridad ocupacional, se cuenta con un dispensario médico llamado “San Juan Pablo II”, que está a cargo de la Universidad Católica de Asunción (UCA), en donde se brinda atención médica gratuita correspondiente a clínica médica y pediatría a los operadores y pobladores de la zona.

*Figura 15. Dispensario médico*

El predio cuenta con una delimitación perimetral mediante cercos instalados, pero no en su totalidad, ya que parte de la propiedad no cuenta con el tejido de vallado, solo se han identificado los postes de cemento. Se presume que personas aledañas al predio rompieron el tejido para ingresar al vertedero de forma clandestina.

Una de las cosas observadas durante la visita, fue justamente que personas extrañas realizan quema de neumáticos y cables para extracción del cobre en los límites del lado sur del predio de Cateura, específicamente en la parte posterior del vertedero, dejando los residuos resultantes en el lugar. Justo en esta zona donde realizan la quema no se cuenta con la delimitación del cerco perimetral del predio. Además de esto, ingresan animales de corral como caballos y vacas a pastar en el predio.

*Figura 16. Cenizas y restos de quema y animales de corral en el límite del predio*

No se ha identificado la implementación de cercos en el perímetro de la celda de operación que evite el arrastre de residuos ligeros por acción del viento. Al respecto, el encargado mencionó que es una acción pendiente de realizar. Tampoco se cuenta con vegetación perimetral que haga de cortina forestal, salvo ciertos plantines y arbustos aislados con los que se cuenta en la propiedad.

Los caminos internos del vertedero se encuentran en buenas condiciones y permiten la transitabilidad, no así el camino de acceso hasta Cateura, que se encuentra en pésimas condiciones.

*Figura 17: Camino para acceder al vertedero Cateura*

El entorno inmediato al predio de Cateura se encuentra deteriorado ambiental y socialmente, según se pudo observar, existe gran cantidad de viviendas precarias y con presencia de residuos en las viviendas, así como agua sucia estancada, fuertes olores y los espacios públicos (calles y veredas) comunes deteriorados. Lo que se ha identificado hace suponer que las personas que habitan los asentamientos se dedican a la recolección y separación clandestina de residuos para su posterior venta, como medio de subsistencia.

*Figura 18. Evidencias del entorno al vertedero*

*Figura 19. Estado actual de la calle Cantalupi, con residuos dispersos en la vía publica*

## 5.3. Estado de la infraestructura Sanitaria

### 5.3.1. Sistema de recolección y Tratamiento de los lixiviados

Los lixiviados son dirigidos en los módulos 2 y 3 a través de canales en forma conjunta con las aguas pluviales y el módulo 4 a través de cañerías, a una Estación de bombeo de lixiviado.

**A. La Estación de bombeo final**

Se encuentra ubicada en las coordenadas 21 J 435083.43mE; 7198285.64 m S. El pozo de bombeo posee paredes recubiertas con material plástico. El equipo de bombeo consta de 2 bombas de 10 Hp que bombean a la laguna de lixiviados a una distancia aprox de 60 m.

*Figura 20: Estación de bombeo final*

*Figura 21: Electrobombas*

*Figura 22: Estructura sin uso.*

### B. Laguna de lixiviados

Ubicada en las coordenadas: 21 J 435036.01 m E; 7198329.51 m S con medidas aproximadas: 100 m x 250 m.

Conforme a la documentación recibida, La laguna fue diseñada como laguna de evaporación. De la laguna, a través de una bomba de 50 Hp, se realiza la recirculación para el riego del relleno.

*Figura 23: Laguna de lixiviados*

*Figura 24: Bombeo de recirculación*

### 5.3.2. Red de agua Potable y desagüe cloacal

Al vertedero llega la red de agua de ESSAP. El área administrativa cuenta con conexión a la red.

El desagüe cloacal de los sanitarios de los edificios ubicados en la recepción se realiza a través de pozos absorbentes.

En el predio del relleno sanitario se cuenta con un **pozo artesiano**, ubicado en las coordenadas: 21 J 434962.92 m E; 7198261.14 m S. Según nos han informado el pozo cuanta con agua salobre. No hemos accedido aun a documentación del pozo: perfil, estudio hidrogeológico, análisis de agua.

### 5.3.3. Desagüe pluvial del vertedero

En los módulos 2 y 3 las aguas pluviales escurren través de canales en forma conjunta con el lixiviado. En algunas zonas se han construido cunetas para los desagües pluviales.

*Figura 25: canales*

### 5.3.4. Red de incendio

El vertedero no cuenta con hidrantes. No se observa sistema contra incendio.

## 5.4. Cantidad, tipos y características de los RSU depositados

De acuerdo con los datos de la Dirección de Servicio Urbano de la Municipalidad de Asunción, se reciben en el vertedero de Cateura diariamente en promedio entre 650 a 700 tn/d de residuos sólidos urbanos. Los residuos son depositados en el “área de segregación de residuos”, la cual cuenta con DIA expedida por el MADES, y es administrada por el CONSORCIO GIRSA. En esta área se segregan los residuos reciclables con potencial de venta por parte de los gancheros, posteriormente los residuos no aprovechables son nuevamente cargados en camiones compactadores para su transporte al Relleno Sanitario “El Farol” ubicado en el distrito de Villa Hayes. En este sentido, se puede afirmar que actualmente el Vertedero Cateura funciona

como estación de Segregación de residuos valorizables y Transferencia de los RSU de la ciudad de Asunción.

Según el estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos de Asunción, realizado entre el periodo del 2019-2020, la producción per cápita de generación de RSU es de 1,218 kg/Hab/día, dato obtenido de la Guía para la elaboración de Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (2020). En dicho material, se presenta además la cantidad y composición de los residuos generados en varios municipios del país, entre ellos Asunción. En el siguiente cuadro se presenta el estudio de composición física de residuos de Asunción.

*Tabla 1. Composición física de los residuos de Asunción*

| COMPOSICIÓN | ASUNCIÓN |
|---|---|
| **Orgánicos** | **69,7%** |
| Desperdicios de cocina | 39,5% |
| Desechos de patios y jardines, madera | 21,5% |
| Papeles y cartones | 7,5% |
| Textiles | 1,5% |
| **Inorgánicos** | **22,5%** |
| Plásticos en general | 12,4% |
| Metales en general | 0,8% |
| Vidrios en general | 2,6% |
| Cerámicas, piedras y tierra | 5,7% |
| Cueros y gomas | 1,0% |

| | |
|---|---|
| **Otros (tierras, mezclas, peligrosos, etc.)** | **7,9%** |

*Fuente: Elaboración propia basado en: MADES/PNUD/FMAM. 2020. Guía para la Elaboración de los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos – Municipios Mayores.*

Todos estos tipos de residuos, sin ningún tipo de segregación en origen, incluidos los peligrosos, generados tanto en domicilios como en centros comerciales, fábricas, etc., son enviados directamente al vertedero de Cateura. Adicionalmente a los residuos identificados en el cuadro de arriba se han identificados neumáticos fuera de uso (NFU), vehículos y camiones chatarras, y no se descarta que lleguen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEES). Los gancheros, que se encuentran organizados en 3 asociaciones, son los que se encargan de realizar la separación de los residuos con potencial de venta y apartarlos de los no valorizables.

# 6. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN SOCIOAMBIENTAL EXISTENTE

## 6.1. Ubicación de la zona de estudio

El vertedero de Cateura, se encuentra ubicado y operando en el denominado Bañado Sur, al noroeste de la Laguna Cateura, y se accede a través de la calle teniente Cantalupi. La superficie del vertedero pertenece al Barrio Jukyty, según mapa interactivo de la Municipalidad de Asunción y según información geográfica (GIS), lindando con los Barrios San Cayetano, Republicano, Ita Enramada y Santa Librada de la ciudad de Asunción.

Según lo extraído de la información secundaria, el sitio para disposición final de residuos urbanos y/o domiciliarios generados en la ciudad de Asunción, así como también de otras ciudades del área metropolitana, se originó en el año 1984, el cual, a partir de un estudio elaborado por expertos del Banco Mundial, se han seleccionado sitios factibles y potenciales para la disposición de residuos según los siguientes aspectos: tenencia de la tierra, población, capacidad, acceso a los sitios, situación de suelos, las aguas, impacto ambiental y social, facilidades de acceso a servicios básicos, entre otros; resultando como recomendación del estudio, utilizar la zona reconocida hoy, como vertedero Cateura.

### 6.1.1. Área de influencia Directa

El Área de Influencia Directa (AID), tal y como su nombre lo indica es el área en la que los impactos de una actividad y/o emprendimiento se manifiestan directamente o de manera evidente. La delimitación del AID incluye los diferentes componentes del sitio de disposición de residuos, donde se manifiestan la mayor parte de los impactos durante la operación.

Con respecto a lo mencionado y en base a los análisis realizados de las diferentes documentaciones relacionadas al vertedero, se delimita al AID como un buffer de al menos 500 metros alrededor de los límites de la propiedad utilizada para la operación del vertedero, abarcando parte de la superficie de los barrios colindantes.

*Figura 26. Área de influencia directa del Vertedero Cateura*

### 6.1.2. Área de influencia Indirecta

El Área de Influencia Indirecta (AII) incluye las áreas que podrían verse impactadas por la actividad y/o emprendimiento de manera indirecta, donde los impactos podrían manifestarse con menor intensidad, a menor escala o son resultado de sinergias con acciones propias del área. Para el caso del medio socio-económico principalmente, el AII no siempre puede delimitarse a un área física o geográfica puesto que los efectos muchas veces sobrepasan dichos límites.

Por consiguiente, el AII definido para la presente Consultoría, abarca mínimamente, los barrios colindantes al barrio Yukyty.

Según el dictamen técnico de la Dirección de Geomática del MADES, el área de influencia presenta los siguientes componentes: a) con respecto a los recursos hídricos, se observa al rio Paraguay a aproximadamente 1,1 km al oeste de la propiedad, a 28 metros desde el vértice noroeste se observa el Arroyo Ferreira que discurre hacia el rio Paraguay, también se identifica al Arroyo Lambaré que discurre a aproximadamente 400 metros hacia el sur de la propiedad, hasta su desembocadura con el rio Paraguay y, por último, a 70 metros al sur de la propiedad, se encuentra la Laguna Cateura. b) El tipo de suelo es alfisol. c) No se observan bosques, pero se resalta que, el Cerro Lambaré se encuentra a 850 metros al sur de la propiedad y está catalogado como Área Silvestre Protegida.

Según base de datos del INDI (año 2017), se registra la comunidad indígena Santa Ana, de la etnia AVA GUARANI, ubicada entre el Vertedero Cateura y el Cerro Lambaré, en un lugar denominado Cerro Poty.

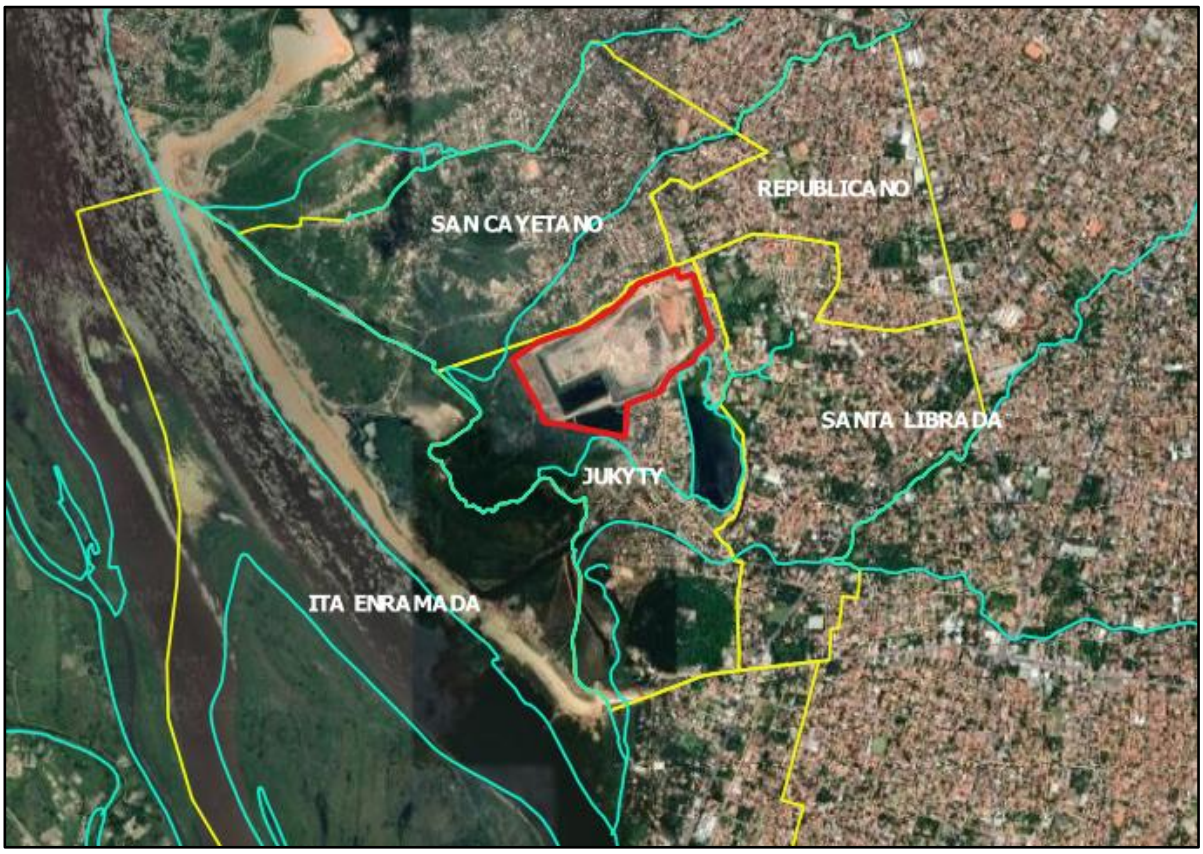



*Figura 27. Delimitación del Área de Influencia Indirecta*

## 6.2. Antecedentes de licenciamiento ambiental

La tabla que se expone a continuación, compila un resumen de los principales antecedentes de procesos de licenciamiento ambiental del Vertedero Cateura a lo largo de sus años de operación y de sus diferentes administraciones, la cual fue elaborada a partir de información secundaria a la que se tuvo acceso en el marco de la presente Consultoría. Se destaca además, en la columna de observaciones, información que consideramos relevante de cada instrumento ambiental analizado.

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| "Recuperación Ambiental de Cateura" | -- | Estudio de Impacto Ambiental | Resolución Nº42/02 | 17/02/2002 | El estudio declara el inicio de operación del módulo III, la conclusión del cierre parcial del módulo I y el inicio de los trabajos de cierre parcial del módulo II. |
| "Plan de Recuperación Ambiental de Cateura" | -- | Plan de Gestión Ambiental | Declaración Nº 012/04 | 22/03/2004 | -- |
| "Remediación, Operación, Clausura y Posclausura del | Consorcio EMPO LTDA. & ASOCIADOS | -- | Resolución DGCCARN Nº145/06 | 26/02/2006 | Previo a la presentación del estudio, la firma realizó trabajos de diagnóstico para conocer la situación de los Módulos I, II, III y IV. El objetivo |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Relleno Sanitario Cateura” | | | | | del estudio es rehabilitar el vertedero Cateura y transformarlo a un relleno sanitario mediante la realización de obras de reacondicionamiento para la adecuación de los módulos como áreas operativas para la disposición final de residuos sólidos. |
| “Remediación, Operación, Clausura y Postclausura Relleno Sanitario Cateura” | Consorcio EMPO LTDA. & ASOCIADOS | Informe Técnico Ambiental | Resolución DGCCARN Nº2467/07 | -- | La licencia ambiental contempla la Operación del Módulo IV y la expansión como área de disposición final el que fuera área de Acopio perteneciente al Módulo IV, II y III. |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| "Remediación, Operación, Clausura y Postclausura, Operaciones de Disposición Final del Módulo IV, Recuperación y Vertido con Residuos del los Módulos II y III, Manejo y Disposición Final de | Consorcio EMPO LTDA. & ASOCIADOS | Informe de Auditoría Ambiental | Resolución DGCCARN Nº1089/09 | -- | El estudio presentado incorporó las medidas de remediación y mitigación, así como los tiempos que deberán ser implementadas. Las mismas fueron resultados de la 1ª Auditoría Ambiental Técnica elaborada por la Unidad Técnica Ambiental (UATA) de la Municipalidad de Asunción. |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Residuos Industriales no Peligrosos del Relleno Sanitario Cateura" | | | | | |
| "Remediación, Operación, Clausura y Post-clausura, Operaciones de Disposición Final del Módulo IV, | Consorcio EMPO LTDA. & ASOCIADOS | Informe de Auditoría Ambiental | Resolución DGCCARN Nº1812/11 | -- | El estudio presentado contempla las recomendaciones precedentes de la 2ª Auditoría Técnica Ambiental elaborada por la UATA. En dicha Auditoría se identificaron los posibles impactos a ser generados por el Proyecto en un radio aproximado de 500 metros. |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| Recuperación y Vertido con Residuos de los Módulos II y III, Manejo y Disposición Final de Residuos Industriales no Peligrosos del Relleno Sanitario Cateura” | | | | | |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| "Remediación, Operación, Clausura y Postclausura Relleno Sanitario Cateura" del año 2014 | Consorcio EMPO LTDA. & ASOCIADOS | Informe del Plan de Gestión Ambiental | Declaración DGCCARN Nº233/2014 | | El informe incluyó las recomendaciones resultantes de la 3ª y 4ª Auditoría Ambiental realizada por la UATA, las cuales fueron incorporadas en un PGA propuesto.<br>Además, el informe expone los resultados de los estudios de capacidad volumétrica y, en base a los análisis se menciona que la vida útil restante del relleno sanitario en Cateura es hasta noviembre del año 2016, previendo la conformación de una plataforma final de residuos a cota +80.<br>También se menciona que las áreas |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | que se encuentran actualmente operativas en dicho año para la disposición final de residuos son: 1) Expansión Módulo IV - ex área de acopio y 2) Módulo II.<br>En el informe se mencionan los trabajos que ejecuta la empresa como compromiso social con los vecinos de Cateura siendo éstos limpieza del canal del Aº Ferreira, reparación de la calle Cantaluppi, entre otros, así como también los monitoreos ambientales realizados en cumplimiento del PGA. |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| "Remediación, Operación, Clausura y Postclausura Relleno Sanitario Cateura" del año 2018 | Consorcio EMPO LTDA. & ASOCIADOS | Informe de Ajuste del Plan de Gestión Ambiental | | | El ajuste es a raíz de la construcción y puesta en funcionamiento de una Planta de Segregación y Transferencia dentro del área del relleno sanitario, así como la instalación y puesta en funcionamiento de una planta de tratamiento de lixiviados por Osmosis inversa en dos etapas.<br>En dicho año el estado de cada módulo era como sigue: 1) Módulo I en fase de Post clausura; 2) Módulo II y III y expansión del Módulo IV en fase operativa y; 3) Módulo IV en fase de clausura. |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | También el estudio incorpora el resultado de un nuevo estudio de capacidad volumétrica del relleno sanitario el cual arrojó una nueva cota (+92) para la plataforma final de residuos, siendo la vida útil del relleno sanitario en Cateura hasta agosto del año 2026.<br>Además, el informe presenta actualización de los monitoreos realizados en el marco del PGA del Proyecto. |

| Nombre del Proyecto | Proponente del Proyecto | Tipo de Estudio | Número de Licencia Ambiental | Fecha de emisión | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|
| "Área de segregación de residuos sólidos urbanos" | Consorcio de Gestión Integral de Residuos | Estudio de Impacto Ambiental | Declaración DGCCARN Nº2316/2021 | 29/11/2021 | El área de segregación se encuentra delimitada e identificada, pero actualmente en desuso. Además, en la licencia ambiental se menciona que los módulos I, II, III y IV se encuentran inactivos. Sin embargo, en la visita de relevamiento se pudo constatar que al menos el módulo IV continua con actividades. |

### 6.3. Contexto social del relleno sanitario

En el contexto social, toda el Área de Influencia está identificada con el Vertedero desde el punto de vista económico, como medio de subsistencia.
Esta Consultoría no incluye análisis y/o encuestas sociales; pero de todas maneras se cuenta con una Especialista Social, la cual presentara para el siguiente Informe un detalle de consultas realizadas directas e indirectas, a efecto de incluirlas transversalmente en la toma final de decisiones.

### 6.4. Pasivos ambientales y sociales identificados

La identificación de pasivos y activos ambientales es fundamental de manera a determinar la línea de base respecto de los pasivos y sacar provecho de los activos que ofrece el entorno, para la implementación de un nuevo proyecto y o proyección de una iniciativa.

Un pasivo ambiental es un daño al ambiente, el cual puede traducirse en la alteración de la calidad de cualquiera de sus componentes ya sea físico, biótico y/o socio-económico. Se producen como consecuencia de la ejecución ordinaria y prolongada en el tiempo de actividades y/o por imprevistos a lo largo del periodo de su ejecución. Considerando la definición anterior, al proyectar una iniciativa, ésta debe lidiar con los daños o pasivos ambientales y sociales existentes generados por las iniciativas anteriores.

Por otro lado, un activo ambiental “es aquel territorio o área que contiene un elemento de conservación y que ofrece bienes y servicios ecosistémicos. Elemento incorporado al patrimonio de una entidad con el objeto de ser utilizado de forma duradera en su actividad, cuya finalidad principal sea la minimización del impacto medioambiental y la protección y mejora del medio ambiente, incluyendo la reducción o eliminación de la contaminación futura de las operaciones de la entidad” (Cortolima, 2016).

Cabe destacar que, el desarrollo presentado a continuación, representa una identificación de los pasivos y activos ambientales y sociales particulares para actividades involucradas en la gestión de residuos sólidos, específicamente en lo

que respecta a disposición final de residuos sólidos urbanos, caracterizado por el entorno donde se llevan a cabo dichas actividades. Por otro lado, como ya se ha mencionado, lo presentado radica en una identificación propiamente dicha, para cuantificar la magnitud y extensión de los posibles impactos, se deberá acceder a mayor información como ser: análisis de calidad de aguas subterráneas, análisis de calidad de aguas superficiales, análisis de calidad del aire, análisis de calidad del suelo, entre otros aspectos.

Se resume a continuación los pasivos y activos ambientales y sociales.

*Tabla 2. Identificación de pasivos y activos ambientales y sociales*

| | |
|---|---|
| **PASIVOS AMBIENTALES** | **Residuos sólidos:** Existe una acumulación de residuos sólidos con un volumen actualmente desconocido, que no solo pertenecen a la clasificación de residuos sólidos urbanos y/o domésticos, sino también puede encontrarse residuos especiales, peligrosos y hasta biológicos.<br><br>**Recursos Hídricos:** Contaminación y/o alteración de la calidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (adición de DDBO5, DQO, metales pesados, compuestos orgánicos complejos, agotamiento del oxígeno disuelto por posible infiltración del lixiviado en el suelo y/o discurrimiento del mismo, generado a partir de la descomposición de los residuos.<br><br>**Aire:** Contaminación y/o alteración de la calidad del aire por la emisión de gases y olores desagradables provenientes de la descomposición de los residuos sólidos. Se considera, además, la generación de polvos por el movimiento de vehículos, maquinarias y equipos, durante las actividades de transporte, compactación y cobertura de residuos. Otro aspecto a mencionar, es la quema ilegal periódica de residuos que se realiza en el área de influencia directa, que no necesariamente está relacionado con la gestión de GIRSA, |

| | |
|---|---|
| | sino que se trata de personas ajenas que ingresan al predio a realizar la quema.<br><br>**Suelo:** Cambio en el uso del suelo. Contaminación y/o alteración morfológica del suelo, por el contacto directo con los residuos sólidos, por infiltración de lixiviado, así como también por las actividades de compactación de residuos y movimiento de vehículos, maquinarias y equipos de gran porte.<br><br>**Biótico (fauna):** Alteración de la calidad de vida de especies de fauna que frecuentan el área de influencia (tanto terrestres como acuáticas) por ingesta de residuos con características de peligrosidad, por el contacto directo con los mismos, por contacto con vectores que podrían impactar en su salud, entre otros.<br><br>**Cambio Climático:** Uno de los gases que según fuentes de información secundaria es generado en los rellenos sanitarios a partir de la descomposición de los residuos, es el gas metano, gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global. |
| **PASIVOS SOCIALES** | **Salud y seguridad pública:** Afectación a la salud y seguridad de los segregadores, carriteros y/o gancheros, que están en contacto directo con los residuos sólidos, sin ningún tipo de protección individual acorde. Problemas de salud pública asociados a enfermedades ocasionadas por el contacto directo con residuos de diferentes características, por habitar el área de influencia del vertedero en las condiciones actuales de desagregación y polución ambiental, por ingestión de agua de baja calidad, lavado de alimentos a consumirse crudos con aguas contaminadas, por la proliferación de vectores, por la generación de incendios, entre otros aspectos. |

| | |
|---|---|
| | **Bienestar y/o calidad de vida:** Desarrollo de actividades diarias y laborales en un entorno poluído y degradado ambiental y socialmente.<br><br>**Inseguridad**: se identifica en el área de influencia, personas en situación de calle, adictos, hechos de vandalismo, entre otros.<br><br>**Socioeconómico:** Asentamientos y presencia de personas vulnerables cuyo medio de subsistencia depende de la gestión legal e ilegal de los residuos sólidos.<br><br>**Paisajístico:** alteración visual del entorno por presencia de gran volumen de residuos sólidos depositados, por la proliferación de vectores, por la polución existente, entre otros aspectos.<br><br>**Infraestructura:** El entorno inmediato al predio de Cateura se encuentra deteriorado ambiental y socialmente, existe gran cantidad de viviendas precarias asentadas justo en el límite con el vertedero. Presencia de gran cantidad de residuos dispersos en las inmediaciones del vertedero, así como agua sucia estancada, fuertes olores y los espacios públicos (calles y veredas) deteriorados.<br><br>**Información:** Existe variada información compuesta de estudios, planes, programas, entre otros, sobre el vertedero Cateura. En cambio, no se pudo acceder a información importante sobre análisis de calidad del aire, análisis de calidad del suelo, composición del gas generado en el relleno, entre otros datos que servirán para dimensionar la magnitud y el grado de contaminación existente. |
| **ACTIVOS AMBIENTALES** | **Saneamiento Ambiental:** con la remediación y clausura del vertedero Cateura, así como con el mejoramiento de la infraestructura adyacente y la disminución de la polución, se |

| | |
|---|---|
| | espera un mejoramiento del entorno en cuanto a la calidad del agua, suelo, aire, paisaje; lo que, a su vez, desencadena en mejores condiciones de vida y mejora en la salud pública y bienestar de la población.<br><br>**Recuperación de áreas verdes:** Recuperación de un espacio actualmente degradado y con potencial de convertirse en área verde, el cual podría formar parte del corredor verde del área metropolitana, considerando la cercanía al Cerro Lambaré (catalogado como Área Silvestre Protegida) y a toda la biodiversidad existente de la zona costera del rio Paraguay. |
| **ACTIVOS SOCIALES** | **Potencial de desarrollo:** El área de influencia del Vertedero Cateura, por encontrarse en una zona costera y por desarrollarse en dicha zona proyectos emblemáticos a nivel nacional como el de Costanera Sur, ha sido objeto de varios estudios e iniciativas de mejora con miras a la ejecución de proyectos de desarrollo del tipo comercial, de infraestructura, áreas verdes, entre otros usos sostenibles.<br><br>**Valoración de propiedades e inmuebles:** Con la remediación y clausura del Vertedero se podría generar un incremento en el valor de las propiedades e inmuebles del área de influencia. Este aumento se verá influenciado, además, por los proyectos de desarrollo que actualmente se están proponiendo para la zona costera y que repercutirá en un aumento en la recaudación del Municipio en concepto de tasas e impuestos inmobiliarios. |

# 7. DISEÑO DEL PLAN DE CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO

## 7.1. Lineamientos generales para la clausura y postclausura del vertedero

La ejecución del plan de clausura y postclausura del vertedero Cateura implicará la implementación de un conjunto de acciones a ser desarrolladas con determinados

objetivos a ser cumplidos en el largo plazo. Dicho plazo se ha establecido en 20 años.

Las etapas que deberán cumplirse gradualmente para la clausura son las siguientes:

**- Evaluación de los materiales requeridos:** Primero será necesario evaluar los materiales disponibles, teniendo en cuenta el costo, la eficacia y la disponibilidad en la zona, incluyendo el tipo de suelo para la cobertura, la necesidad y tipo de geomebrana o geotextil, entre otros requerimientos para la impermeabilización.

**- Diseño de la estructura:** El diseño de la estructura reflejado en los planos del proyecto, debe estar basado en la topografía y geología del terreno. Será necesario considerar la resistencia del terreno para soportar la carga del material de clausura.

**- Estudio de impacto ambiental:** El EIAP será necesario para garantizar que el diseño cumpla con las normas ambientales.

**- Plan de mantenimiento:** El plan de clausura deberá contar con un plan de mantenimiento a largo plazo, con inspecciones periódicas, reparación de daños o desgastes y la reutilización de materiales de clausura cuando sea posible.

**- Monitoreo y seguimiento:** El programa de monitoreo y seguimiento para evaluar la eficacia del sistema de clausura y su impacto ambiental deberá ser a largo plazo. La evaluación deberá incluir el estado de la estructura de clausura como hundimientos a regularizar, estado de taludes, drenajes, el monitoreo de la calidad de agua subterránea, supervisión de la vegetación entre otros aspectos.

Las acciones que se deberán tomar de manera organizada y que fueron identificadas observando la situación actual del vertedero se describen a continuación.

### 7.1.1. Medidas correctivas para mitigar, controlar o eliminar los impactos ambientales negativos

Durante la clausura:

- Construcción de taludes para el confinamiento de residuos por el método de área.
- Movimiento de residuos (regularización) que se encuentran a cielo abierto, compactación y confinamiento en sitios establecidos de acuerdo con los planos de diseño.
- Cobertura y compactación de suelo hasta la cota final.

- Construcción de canales o ductos para la captación y flujo de lixiviados hacia las piletas colectoras.
- Construcción de una planta de tratamiento de lixiviados, de acuerdo con la alternativa seleccionada, en caso de decidirse dicha alternativa.
- Instalación del sistema de drenaje de gases, de acuerdo con la alternativa seleccionada.
- Construcción de canaletas para el desagüe pluvial, según planos de diseño.
- Construcción de pozos de monitoreo de aguas subterráneas.
- Parquizacion de las áreas cubiertas
- Regularización de superficies clausuradas que presentan hundimientos, se deberán rellenar con tierra.
- Establecer y publicar ordenanzas de prohibición de acceso a la zona
- Durante la postclausura:
- Instalación de un parque con acceso controlado.
- Reforestación del área a fin de reconvertirlo en un pulmón verde para la Ciudad de Asunción.
- Concienciación de la comunidad de gancheros y vecinos colindantes, sobre los riesgos de instalar asentamientos en la zona.
- Monitoreos periódicos de parámetros ambientales y climatológicos.

## 7.2. Identificación y análisis de las posibles alternativas

En este punto se analizarán las posibles alternativas de aplicación de medidas de mitigación o eliminación de impactos ambientales negativos generados por la disposición final de residuos en el vertedero. Las dos principales actividades analizadas son:

- La emisión de gases por degradación de los residuos sólidos.
- La emisión y tratamiento de los líquidos lixiviados.

### 7.2.1 Manejo de gases

La descomposición de materias orgánicas en el vertedero genera gases consistentes principalmente en metano, dióxido de carbono y nitrógeno.

Estos gases cuando no son drenados con chimeneas permanecen entre las capas de residuos vertidos, con el consiguiente riesgo de entrar en combustión en cualquier momento, propiciando el incendio de los basurales.

#### 7.2.1.1 Alternativas de control de gases

Las alternativas de control de emisiones gaseosas en el vertedero son tres:

**a) Alternativa A - Drenaje pasivo sin incineración**: El drenaje desde las celdas de tratamiento de residuos, es a través de una chimenea, con piedras y tubería perforada, para su liberación a la atmósfera. El drenaje de gases y su emisión a la atmósfera es la práctica más corriente por sus mínimos requerimientos de operación y bajo costo. Este sistema ayuda a mitigar solo el impacto negativo de acumulación de gases en los estratos de residuos y la prevención de incendios, pero no mitiga la emisión de gases de efecto invernadero. Se estima que 1 millón de toneladas de residuos municipales producirán gases de vertedero durante 20 años.

**b) Alternativa B - Drenaje pasivo con incineración de gases:** El drenaje desde las celdas de tratamiento es a través de chimeneas, cuyo flujo termina en una antorcha para la quema de gases. El estudio de impacto ambiental del vertedero Cateura establece como medida de mitigación la opción b. Esta opción permite mitigar dos efectos: i) el efecto de acumulación de gases entre los residuos y ii) la emisión de gases de efecto invernadero. Considerando que esta alternativa requiere mayor inversión en el diseño y más gastos operativos de manejo, la implementación será de mayor complejidad.

**c) Alternativa C - Drenaje activo:** El drenaje desde las celdas de tratamiento a través de tuberías perforadas se realiza por succión, con un soplador y la recolección de gases se realiza mediante una red de tuberías interconectadas, para alimentar como combustible a un generador de energía eléctrica. La disposición final de los gases del vertedero, aprovechando como fuente de energía, tiene la ventaja de eliminar el impacto negativo que tiene sobre el medio ambiente y ofrece la ventaja de generar energía eléctrica aprovechable en la comunidad aledaña.

Una importante ventaja que se podría obtener es la de incorporarse a programas de monetización por reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Otra

ventaja económica consiste en el ingreso de dinero por la venta del servicio de energía eléctrica.

La desventaja de esta alternativa es la necesidad de implementar una planta generadora de funcionamiento continuo. Es decir, se debe crear una unidad de negocios.

### 7.2.1.2 Características técnicas de la alternativa A

Los gases generados en el vertedero son drenados al exterior a través de chimeneas construidas con piedra bruta, tejido y estacas de madera o metal, los cuales son colocados en altura a medida que avanza el relleno. Se instala una chimenea cada 50 metros de avance. Se construye conectándolas a los drenajes de lixiviados que se encuentran en el fondo y son proyectadas hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de gases.

En celdas ya clausuradas, pueden ser colocadas las chimeneas de drenaje, perforando el relleno con un diámetro de 60 cm, respetando la separación de 50 metros entre cada una de ellas.

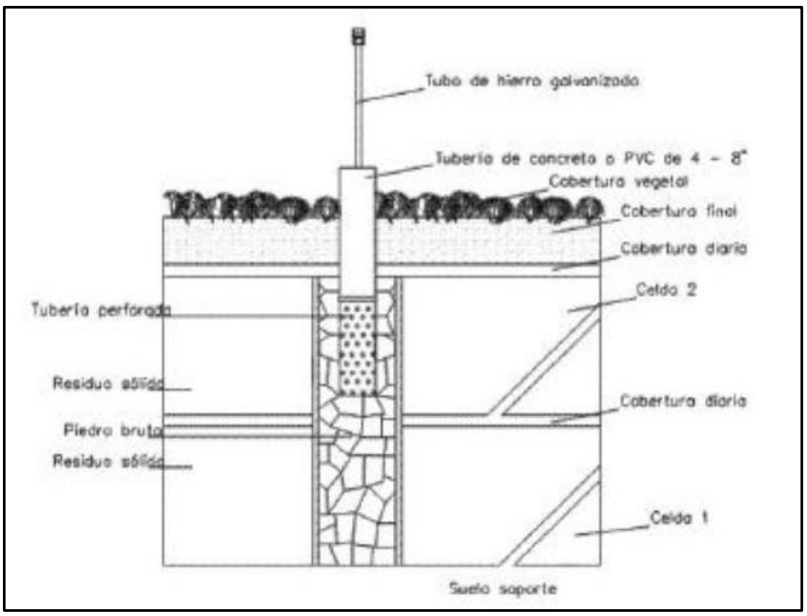



*Figura 28. Esquema ilustrativo de instalación de chimenea*

### 7.2.1.3 Características técnicas de la alternativa B

El drenaje de gases generados en las celdas de tratamiento de residuos se realiza utilizando chimeneas rellenadas con piedra y tuberías perforadas de PVC, la salida

al exterior se completa con tubería metálica y una antorcha para la quema de gases, a cierta altura de la superficie del relleno terminado.

*Figura 29. Chimenea con antorcha para la quema de gases*

#### 7.2.1.4 Características técnicas de la alternativa C

Para la producción de energía eléctrica se utiliza un motor generador a gas, que aprovecha como combustible el gas metano, generado por la degradación de los residuos orgánicos. El motor generador de electricidad utiliza como equipos auxiliares un compresor de gas y un secador, para el acondicionamiento del gas metano que ingresará como combustible al motor a gas.

La capacidad de estos motores es variable, están entre 330 Kw y 3,1 Mw, pudiendo utilizarse varias unidades en serie.

Como referencia se puede mencionar que 1 millón de toneladas de residuos generará gases por 20 años, cuya alimentación cubre la demanda de un motor de 1 MW.

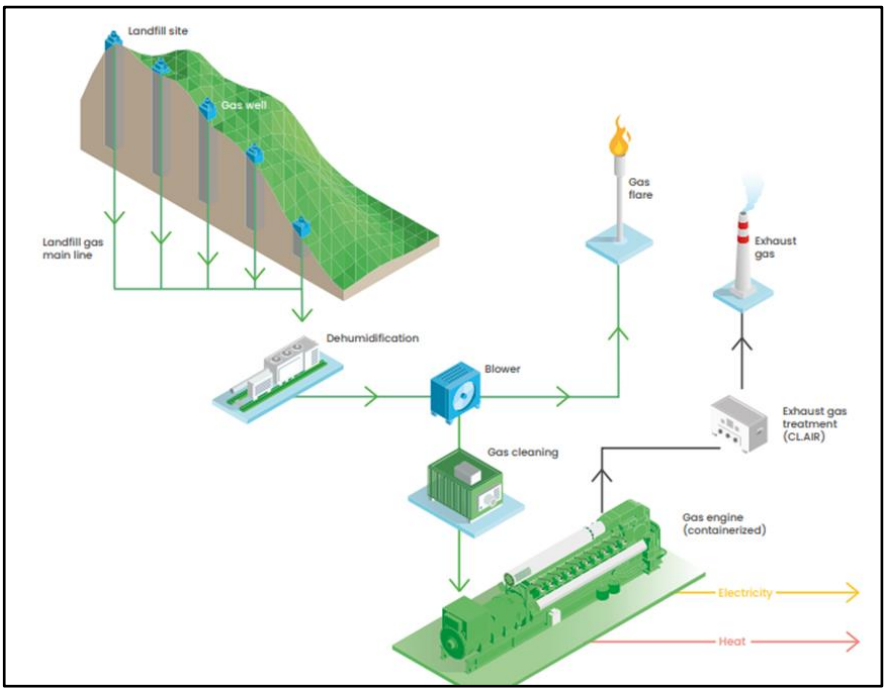



*Figura 30. Esquema de producción de energía a partir del biogás*

### 7.2.2 Manejo de lixiviados

La metodología a ser adoptada para la disposición final de lixiviados depende de varios factores, principalmente de la edad, es decir, si es un lixiviado joven o un lixiviado maduro, estacionado por mucho tiempo. El lixiviado evoluciona con la edad del vertedero.

También depende de la composición analítica del lixiviado a ser tratado y de los parámetros de calidad establecidos en la norma, con que deberá salir al final del tratamiento, antes del vertido a cauces hídricos.

Los principales contaminantes constituyen la carga orgánica, carga amoniacal, sales y metales pesados.

**Soluciones tecnológicas aplicables:**

- **Tratamiento del lixiviado joven:** los mismos se caracterizan por tener una carga orgánica alta, son de fácil biodegradabilidad, tienen baja carga amoniacal porque las proteínas aún no están amonificadas y pueden ser sometidos a un tratamiento biológico por oxidación anaeróbica, sedimentación de sólidos suspendidos, fitorremediación y cloración.

- **Tratamiento del lixiviado maduro:** Estos se caracterizan por tener baja carga orgánica y alta carga amoniacal pues con el paso del tiempo las proteínas forman alta carga de nitrógeno amoniacal, además de contener alta concentración de sales como cloruros y sulfatos, este tipo de lixiviados son de difícil tratamiento. Requieren de un proceso fisicoquímico por coagulación y floculación, aireación forzada, además de utilizar membranas de filtración.

De acuerdo con el Estudio de Impacto Ambiental aprobado para el vertedero de Cateura, se había establecido como método de tratamiento a implementar, la Ósmosis Inversa.

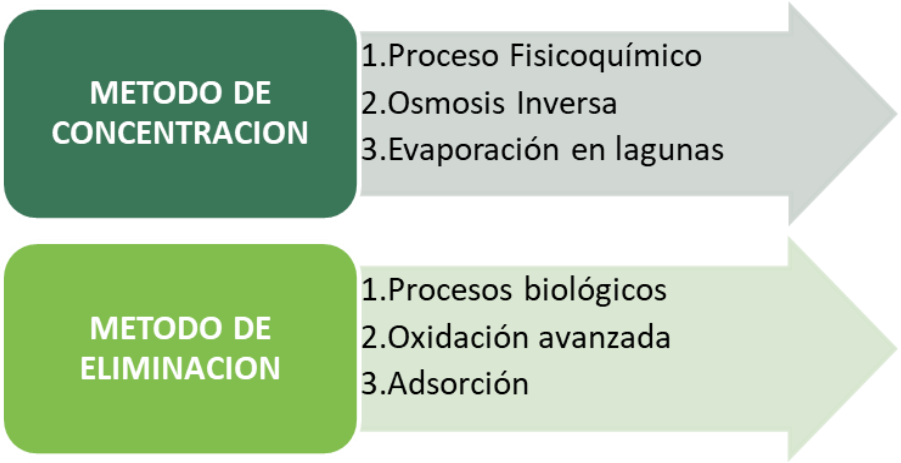
Actualmente se viene utilizando el método de concentración por evaporación en lagunas y recirculado por bombeo sobre el relleno sanitario.

**Alternativas de métodos de tratamiento de lixiviados:**

La selección del tipo de tratamiento a aplicar en el vertedero de Cateura se puede dar entre las siguientes alternativas:

- **Método de concentración**: Donde no hay eliminación, solo se retiene y se concentra las sustancias contaminantes.
- **Método de eliminación**: Donde los compuestos contaminantes son transformados en sustancias inocuas.

Los tipos de tratamiento aplicables en cada método son los siguientes:




### 7.3 Ventajas y desventajas de cada alternativa

### 7.3.1 Tratamiento fisicoquímico (Método de concentración de contaminantes)

Este método requiere de tanques de precipitación de lodos, el agregado de productos químicos coagulantes y floculantes, el agregado de químicos para ajuste de PH y un sistema de bombeo.

**Ventajas:**

- Es ideal para lixiviados maduros
- Elimina en promedio el 80% de los sólidos suspendidos

**Desventajas:**

- No es muy eficiente en la eliminación de la DQO
- Baja eliminación de nitrógeno
- Tiene alto consumo de químicos
- Genera lodos que deben ser tratados
- El efluente requiere de tratamientos adicionales

### 7.3.2 Osmosis Inversa (Método de concentración de contaminantes)

Este método elimina las partículas en suspensión del lixiviado, haciéndolas pasar a través de unas membranas semipermeables, aplicando presión.

**Ventajas:**

- Reduce los contaminantes con alta eficiencia
- Tiene alta calidad del efluente tratado
- Elimina las sales como cloruros y sulfatos, los cuales no son eliminados por otros tipos de membrana.

**Desventajas:**

- Necesita tratamiento previo para la eliminación de sólidos suspendidos
- Tiene alto consumo de químicos antes de entrar a la osmosis
- Los contaminantes concentrados y removidos por osmosis necesitan volver al relleno para ser dispuestos, lo cual requerirá más etapas de filtración para mantener su eficiencia en el tiempo.
- Sin un tratamiento externo del concentrado contaminante, no es sostenible a largo plazo porque aumenta progresivamente el concentrado en el lixiviado y disminuye la vida útil de las membranas, requiriéndose más etapas cada vez.

**Flujograma de la Ósmosis Inversa**

### 7.3.3 Evaporación en lagunas (Método de concentración de contaminantes)

El método de evaporación en lagunas o balsas aprovecha la disponibilidad de grandes superficies de terreno y el calor predominante en una determinada región, para tratar los lixiviados por evapotranspiración, a modo que los agentes contaminantes se vayan concentrando en el fondo de la laguna, logrando una reducción de volumen de hasta el 50%.

**Ventajas:**

- Hay una remoción importante de la DBO
- Requiere pocos insumos.
- Tiene bajos costos operacionales, de inversión tecnológica y de mantenimiento.

**Desventajas:**

- Tiene baja eliminación de la DQO
- Muy baja eliminación de nitrógeno
- No se eliminan las sales
- Necesitan mucha superficie de terreno
- Hay emisión de olores.

### 7.3.4 Proceso biológico (Método de eliminación de contaminantes)

Este método utiliza grandes lagunas de oxidación o estabilización natural, donde el lixiviado es biodegradado y purificado de forma natural, a través de bacterias y otros organismos, reduciendo la DBO.

Las lagunas pueden mejorar su eficiencia de depuración utilizando humedales artificiales con la implantación de totoras (Plantas de pirí).

**7.3.5 Proceso biológico combinado (Método de eliminación de contaminantes)**

Este sistema combina la utilización de biorreactores con sistemas de ultrafiltración para la eliminación de la carga orgánica como DBO5 y DQO, la carga nitrogenada y sólidos en suspensión. Lo único que no elimina este sistema son las sales.

Cuando se combina el biorreactor con la ultrafiltración más un sistema de nanofiltración se logra la retención parcial de sales.

Para la retención total de sales se requeriría agregar al proceso una filtración por ósmosis inversa.

**Ventajas:**

- Ofrece calidad suficiente para el vertido indirecto, cuando no se precisan altas exigencias de especificaciones en sales.

**Desventajas:**

- No elimina sales en su totalidad.
- La inversión inicial, operación y mantenimiento, tiene costos importantes.

**7.3.6 Proceso de oxidación avanzada (Método de eliminación de contaminantes)**

Es un sistema de tratamiento avanzado, que se utiliza como complemento de los tratamientos convencionales, para tratar contaminantes orgánicos complejos como fármacos, aditivos de la industria textil, cosmética y otros, que no han podido ser removidos por métodos convencionales.

Entre estos métodos de oxidación avanzada se encuentra la Ozonización, la irradiación ultravioleta, la oxidación electroquímica y otros.

**7.3.7 Observación respecto a las alternativas**

Las diferentes alternativas analizadas pueden ser aplicadas de forma individual o por combinación de dos o más métodos, según las características del lixiviado a tratar y según las especificaciones a cumplir.

Considerando que la Res. N° 222/02 que establece el padrón de calidad de agua en la República del Paraguay, en su Art.7° establece los parámetros de vertido, entre

los cuales no se encuentran exigencias para sales como cloruros, tampoco especificaciones para conductividad.

Eso hace perfectamente aplicable la alternativa descrita referido a un Proceso Biológico combinado.

Las alternativas serán analizadas, evaluadas y presentadas en el siguiente Informe de Avance.

### 7.4. Análisis Sanitario

#### 7.4.1. Identificación y análisis de las posibles alternativas

##### 7.4.1.1. Sistema de recolección y Tratamiento de los lixiviados

En los módulos 2 y 3 se proyectará un sistema de recolección de lixiviados, mediante drenes colocados antes de las capas de cierre, teniendo en cuenta la dificultad para excavación en el cuerpo del relleno.

En la actualidad se cuenta con una gran variedad de sistemas que pueden ser utilizados para el tratamiento de los lixiviados de vertederos. Entre otros:

- **lagunas de estabilización**: anaerobias, facultativas, aerobias, de maduración;
- lodos activados,
- procesos de coagulación floculación,
- procesos de membrana,
- procesos de oxidación avanzada.

Para su elección, diseño, dimensionamiento y explotación adecuados, se hace necesario conocer el volumen y poder contaminante de los lixiviados, las características físicas del lugar y las posibilidades económicas de la Ciudad para la adquisición de una tecnología, disponibilidad de suministro de energía y de personal calificado para su explotación.

**Los procesos biológicos aerobios:**

Basados en ***biomasa de crecimiento suspendido***, como las lagunas aireadas, los procesos de lodos activados convencionales y los reactores secuenciales discontinuos (SBR), han sido ampliamente estudiados y adoptados en el tratamiento de lixiviados. En estos casos estas tecnologías necesitan suministro de aire, con el consiguiente consumo permanente de energía durante todo el tiempo de operación,

alcanzando eficiencias de eliminación de materia orgánica (expresada como DBO5) entre 90 y 95 %. Los lodos activados, requieren de operarios bien calificados y expertos y los costos de operación y mantenimiento son elevados. (Asturias España, Argentina). La mayor flexibilidad del proceso del SBR es particularmente importante cuando se considera el tratamiento de los lixiviados de vertedero, que tienen un alto grado de variabilidad en calidad y cantidad

**Biomasa adherida** se han desarrollado varios procesos aeróbicos innovadores, llamados sistemas de biomasa adherida, que crecen formando un biofilm o biopelícula sobre alguna matriz inerte de soporte. Entre ellos se destacan los lechos percoladores y los sistemas de MBBR reactores de biofilm de lecho móvil, o MBBR por sus siglas en inglés (Moving Bed Biofilm Reactor)

**Sistemas de membranas**: La tecnología usando membranas se usa cada vez con más frecuencia, y se está incluyendo para el tratamiento de lixiviados. Las aplicaciones que se dan son las siguiente: ultrafiltración, ósmosis inversa, microfiltración, nanofiltración y ósmosis directa, Esta alternativa ofrece elevadas eficiencias, pero un consumo elevado de energía. Los costos de operación y mantenimiento son elevados. (Quito, ecuador, Cali Colombia)

**El tratamiento anaerobio**

Es una aplicación óptima para reducir altas cargas orgánicas en las aguas residuales de manera general y, a su vez, los metales pesados sedimentan en el lodo anaerobio. Dentro de las tecnologías usadas se encuentran las lagunas anaerobias y reactores anaerobios de alta tasa, como los reactores de Manto de Lodos de Flujo Ascendente (UASB), donde la literatura reporta eficiencias de eliminación en términos de DQO entre el 60% y 90%. Una laguna anaerobia tiene como inconveniente la necesidad de grandes espacios por ser un sistema anaerobio con biomasa en suspensión, pero tienen la ventaja de no necesitar suministro de energía. Otra restricción a su uso es la inhibición que puede sufrir el proceso anaeróbico en grandes concentraciones de amonio

**Tratamiento fisicoquímico**

Los procesos físicos y químicos incluyen la reducción de los sólidos suspendidos, las partículas coloidales, el material flotante, el color y los compuestos tóxicos

porcoagulación/floculación, adsorción, oxidación química y stripping del aire. Los tratamientos físico químicos para lixiviados se utilizan como pretratamiento o bien como un pulido terciario para tratar un contaminante específico (ej. stripping para amoníaco)

La adaptabilidad de los procesos unitarios a las fluctuaciones de caudal y carga es un factor crítico en la selección de las tecnologías a emplear en su tratamiento. Es por eso que el tratamiento siempre debe comenzar con un **tanque de ecualización** para homogeneizar las características del efluente

**Flujograma/trenes de tratamiento**

A continuación, se describe trenes de tratamiento posibles:

laguna de acopio de ecualización, laguna anaerobia, sistema aeróbico de lodos activados con aireación extendida, sedimentador secundario, ultra y nanofiltración, cloración y el correspondiente acondicionamiento de los barros producidos en el sistema

Pretratamiento con ecualizacion; lagunas anaeróbicas, lodos activados de aireación extendida con nitrificación y desnitrificación; tratamiento terciario con cloración y carbón activado; deshidratación de lodos.

Pretratamiento en laguna de ecualización; tratamiento primario fisicoquímico de coagulación, floculación, sedimentación; tratamiento avanzado con biorreactor de membranas (MBR) con nitrificación y desnitrificación; tratamiento terciario con carbón activado; deshidratación de lodos

Esta consultoría pudo acceder a las características de los lixiviados en la documentación de los muestreos realizados con anterioridad remitida por la Municipalidad de Asunción. En etapa posterior se realizará el muestreo por parte de la Consultora

En los análisis remitidos se tienen las siguientes características:

| Parámetro determinado | Unidad | Método | resultados | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | P1. Pozo bombeo 1 | P2 Pozo bombeo 2 | P3 Pileta lixiv.Lado N | P4 Pileta lixiv lado Sur | P5 Pileta lixiv lado Oeste |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cromo total expresado en Cr | mg/l | EAA/SM3111B | 1.46 | 0.82 | 0.82 | 0.69 | 0.63 |
| DQO | mg/l | Reflujo abierto/SM 5220B | 2800 | 2400 | 1700 | 1900 | 2000 |
| DBO | mg/l | Prueba de 5 dias/SM5210B/4500 OG | 233.3 | 108.3 | 133 | 700 | 375 |
| pH | --------- | Electrometrico/SM 4500HB | 8.6845 | 8.68 | 9.1 | 9 | 8.98 |
| Plomo, expresado en pb | mg/l | EAA/SM 3111B | NSD | NSD | NSD | NSD | NSD |
| Temperatura | º C | Termometro SM 2550 B | 20 | 27 | 23 | 31 | 30 |

Las características en el cuadro arriba corresponden a un lixiviado de edad ***intermedia***

Conforme al documento “Plan Maestro de Operación, clausura, y post clausura del vertedero Cateura…”, febrero del 2022, ESPECIFICACIONES TECNICAS, P 10/47, las obras deben ser desarrolladas para un vertedero para la disposición final de 800 ton/dia. de residuos.

Preliminarmente, considerando una densidad de compactación inicial de estos residuos en 0.7 ton/m3, un porcentaje de humedad inicial de 0.45% y un porcentaje de humedad final de 0.35%, se estima un volumen que percola como de lixiviado de ***46 m3/día***.

| Periodo (años) | cant ( ton/dia) | Densidad de los residuos (D) | Volumen residuos (V) m3 | % humedad inicial (HI) | % humedad final (HF) | Diferencia de humedades (H=HI-HF) | Volumen de liquido liberado por los residuos VL=V*H. (m3) | Volumen que percola como lixiviado VLP=VL*% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 800,0 | 0,7 | 1.142,9 | 0,45 | 0,35 | 0,10 | 114,3 | 45,7 |

Por otro lado, en la pág. 44 del Plan maestro se especifica que la Planta de tratamiento debe estar diseñada para una capacidad máxima de **100 m3/día**.

### 7.4.1.2. Red de agua Potable, desagüe cloacal y Desagüe pluvial del vertedero

Se realizarán los proyectos de redes internas con las características finales del Proyecto arquitectónico.

Se proyectarán los canales de desagüe pluvial del predio teniendo en cuenta las curvas IDF de Asunción y las características finales propuestas del terreno.

Se verificará la posibilidad de la utilización de reservorio de acumulación de agua de lluvia para riego.

## 8. Análisis Geotécnico y Topográfico

### 8.4. Antecedentes de los Suelos de los Bañados: Estudios Geológicos Geomorfológicos y Riesgos Geoambientales

#### 8.4.1. Caracterización Geológica de Asunción

La región presenta un relieve con rasgos de colinas rebajadas, mapeadas como lomadas y/o cerros aislados, algunos constituidos por rocas magmáticas del Terciario Medio en contacto con una secuencia sedimentaria de edad Triásica-Cuaternaria, donde predominan segmentos convexos y cóncavos que pueden ser observados en los terrenos altos y bajos y en las cabeceras de los sistemas de drenaje que caracterizan a las unidades de Terrazas fluviales de Asunción, (ver Anexo Geología, Mapa Geológico de Asunción).

#### 8.4.2. Secuencia Sedimentaria

En la franja central de las unidades de terrazas con eje de dirección NW, en un perfil trazado en línea recta entre Ita Pyta Punta y Fernando de la Mora, se ha comprobado la existencia de facies sedimentarias caracterizadas según los modelos de deposiciones de ríos entrelazados.

Los estudios realizados en la región abarcan los depósitos aloformacionales, resaltando de manera general la estratigrafía de las unidades de terrazas y sus relaciones con los depósitos de planicies (fluviales, coluviales, aluviales, fluvio-lacustres).

En la columna estratigráfica preliminar del área de Asunción, se presenta una secuencia de litofacies correspondientes al Cuaternario, en la que se reúnen sedimentos fluviales a fluvio-lacustres.

#### 8.4.3. Consideraciones sobre el estudio del Cuaternario

Las diferentes ocurrencias de sedimentos cuaternarios son relativamente fáciles de estudiar, resultando accesible su interpretación genética y su ambiente deposicional,

constituyendo sin embargo una dificultad la determinación de sus unidades litoestratigráficas por las frecuentes similitudes y monotonías de las facies, lo irregular de su distribución en relación a las diversas formas de relieve y/o geográficamente discontinuas, así como por la inexistencia de datos geocronológicos.

Los depósitos cuaternarios fueron caracterizados por sus similitudes litológicas con discontinuidades estratigráficas fácilmente identificables, que presentan importantes variaciones en los procesos de sedimentación, pudiéndose mejorar su descripción por sus discontinuidades antes que por los criterios relacionados al contenido litológico.

### 8.4.4. Caracterización Geomorfológica

Las similitudes de formas de relieves y sus posicionamientos altimétricos relativos, asociados a la naturaleza de la litología, las estructuras y trazos genéticos comunes (ver Anexo Geología, Mapa Geomorfológico de Asunción), han constituido los elementos básicos para la definición de las unidades geomorfológicas y han servido para identificar tres unidades bien definidas:

A. Terrazas antiguas;
B. Planicies interiores; y
C. Cuenca hidrológica Río Paraguay.

#### A. Unidad de Terraza

En el extremo NW de Asunción, en la dorsal central de la ciudad, sobresalen rasgos topográficos de relieves ondulados que contrastan con la Cuenca Hidrológica Río Paraguay y al que, en el presente trabajo, se le caracteriza con la denominación Unidad de Terraza.

En el borde septentrional de las terrazas, en el contacto con la Cuenca Hidrológica Río Paraguay se originaron escarpas que bordean la zona de Ita Pytá Punta hasta las proximidades del Parque Caballero. Estos procesos erosivos de denudación

periférica permitieron la formación de escarpas relacionadas a unidades litológicas, aloformaciones de facies arenosas, de origen fluvial (sistema entrelazado) y abanicos aluviales.

**B. Unidad de Planicies**

Las planicies constituyen una vasta superficie rebajada, recubierta por sedimentos Cuaternarios cuya deposición no ha sufrido interrupción alguna.

Las características geomorfológicas de las planicies exhiben dos rasgos distintivos entre sí, las planicies propiamente dichas y las áreas de acumulación causadas por las inundaciones. La primera comprende las planicies fluviales o fluvio-lacustres y se encuentran íntimamente relacionadas al Río Paraguay y sus tributarios, mientras que las áreas de acumulación de las inundaciones se sitúan en posición interfluvial en relación al drenaje de mayor importancia.

Las planicies consisten en depósitos aluviales a lo largo de los valles con pendientes casi nulas y se caracterizan por presentar diques marginales, islas y lagunas pequeñas. La evolución de estas geoformas está relacionada principalmente a la actuación de factores externos, donde la dinámica fluvial tiene un papel preponderante. En los arroyos permanentes la morfología del canal depende de las crecidas anuales y de la declividad de la región, mientras que, en los bañados y correderas, la morfología se relaciona con las descargas extremas o variables.

**C. Unidad Cuenca Hidrológica Río Paraguay**

Esta unidad geomorfológica se extiende a lo largo del río Paraguay, desde las inmediaciones de Viñas Cué hasta Puerto Pabla, se presenta como una franja estrecha bordeando los contactos de facies arenosas e interpenetradas con las unidades de relieve residual de las unidades de terrazas de Asunción, limitando en la porción norte con las de facies areno limo arcillosas del bajo Chaco.

Esta franja de llanura exhibe como principal accidente topográfico, la vertiente del río Paraguay de dirección NE-SW y NW-SE, presentando en su margen izquierdo inflexiones originadas por meandros abandonados que dan lugar a la formación de lagunas y de albardones que las bordean. De esta forma, resultan trechos más sinuosos, relacionados a un cierto control estructural y litológico. Comprende dos

subunidades geormorfológicas, la bahía y las lagunas, localizadas en el sector NE y SW de las terrazas de Asunción.

Al noreste, la Bahía de Asunción es el principal componente morfológico juntamente con algunas geoformas menores tales como la laguna Pyta y la laguna Caracará, que presentan alteraciones laterales de albardones y esteros, que se caracterizan por constituir una zona anegadiza e inundable con la crecida del Río Paraguay, conocida comúnmente como Bañado Norte. A esta unidad geomorfológica corresponde el área de estudio de este trabajo.

Los materiales depositados corresponden a sedimentos aluviales recientes con espesores que llegan a los 27 metros (dato de un pozo artesiano realizado en el Club Nacional de Regatas El Mbiguá por la empresa Acquamaster en 1997), suprayacentes a los depósitos rojos de Asunción y comprende una secuencia areno silícea, limos y arcilla orgánicas.

Tanto la Cuenca Hidrológica del Río Paraguay como las subunidades definidas, bahías, lagunas y bañados, se encuentran en superficies de plenillanuras interpenetradas con las unidades de terrazas, forman corredores deprimidos entre las líneas perpendiculares al conjunto de los terrenos altos de Asunción, a su vez acompañando los bajos estructurales en forma de valles y que en otros casos se sobreponen a dichos altos estructurales emergiendo de ese modo relieves residuales a partir de los corredores deprimidos.

Las condiciones hidrodinámicas del Río Paraguay reflejan un ambiente de deposición y de sistemas de erosión que son interpretados como una inestabilidad del valle de la vertiente aluvial, revelando una migración del lecho o canal, asociados a la formación de cordones aluviales (albardones) constituyendo las terrazas discontínuas del río Paraguay resultantes de la profundización del canal.

### 8.4.5. Riesgos Geológicos

A partir de la caracterización del medio físico se ha realizado un diagnóstico en relación a la vulnerabilidad a los riesgos geológicos, pudiéndose afirmar que la causa fundamental de los procesos generadores de la problemática geoambiental está directamente asociada a la ocupación urbana en terrenos frágiles que al no ser de

las dimensiones catastróficas como las que ocurren en otras regiones, son técnicamente solucionables.

Entre los problemas diagnosticados y que merecen toda la atención por la intensidad y amplitud con que se manifiestan, se encuentran los siguientes riesgos potenciales:

I. Inundaciones.
II. Erosión.
III. Movimientos de masas (derrumbes, hundimientos y colapsos de suelo).
IV. Sedimentación.
V. Contaminación de los recursos hídricos.
VI. Degradación del paisaje.

### I. Inundación

Se definen como áreas inundables aquellas alcanzadas por el desborde de los cursos de agua de su lecho en épocas de crecientes.

Los atributos climáticos con intenso régimen de precipitación pluvial, en los meses de noviembre hasta abril, exponen a la ciudad a permanentes amenazas o peligros de inundación.

Los peligros de inundación se deben a las crecientes del río Paraguay (inundación fluvial), que afectan fundamentalmente a las geoformas de planicies (bañados y bahías) y a las aguas de escorrentía debidas a las precipitaciones (inundación pluvial), que a su vez van a desaguar en los bañados, lagunas y bahía de Asunción. Cuando niveles del río Paraguay alcanzan la cota 58 m., las zonas de los bañados Norte y Sur se ven severamente amenazadas por las inundaciones, siendo la cota 60 m. la indicativa de inundación. Los registros indican que las máximas crecidas registradas en las últimas dos décadas han sido las del año 1983, en que se alcanzó la cota 63,04 m y la del año 1992, cota 62,58 m.

La evaluación del riesgo de inundación pluvial constituye una información esencial para la planificación de los desagües urbanos y para determinar prioridad en el ordenamiento de las áreas.

La inundación pluvial se produce en el área urbana por la carencia de suficientes desagües y debido a que la intensidad de las precipitaciones supera la capacidad de evacuación de las existentes. Este proceso se ha puesto de manifiesto con el

crecimiento edilicio y vial de la ciudad que no ha sido acompañado por el crecimiento paralelo de los desagües pluviales.

Zonas de algo riesgo se encuentran localizadas en la planicie de inundación del río Paraguay, principalmente en el bañado Norte y en el bañado Sur, así como en planicies interiores (Urbanización Grupo Habitacional Aeropuerto).

### II. Erosión

Las condiciones litológicas, caracterizadas por la presencia de coberturas de facies arenosas de origen fluvial, facies conglomeráticas y areno-arcillosas relacionadas a depósitos coluviales y aluviales del Cuaternario, presentan alta vulnerabilidad a los procesos erosivos, responsables de la desagregación y transporte de las partículas que contienen el suelo a consecuencia de la interacción de las condiciones climáticas, topográficas, geomorfológicas litológicas, aceleradas por la actividad antrópica.

El substrato del área metropolitana se caracteriza por la alta erodabilidad presentándose muy vulnerable a los procesos erosivos, cuando está asociada a los procesos climáticos (precipitaciones), declividad pronunciada del terreno y la intervención humana.

La erosión lineal se produce en los terrenos de escasa declividad cuando el escurrimiento superficial ocurre de modo uniforme sin formar senderos preferenciales. Este tipo de erosión se puede observar tanto en la cima de las unidades de terrazas con las planicies interiores donde los suelos presentan una composición esencialmente arenosa, con variaciones areno arcillosas y arcillo arenosas.

### III. Remoción de Masas

Los fenómenos de remoción de masas se producen como movimientos gravitacionales, que en su mecanismo de acción moviliza grandes cantidades de material rocoso o suelto hacia niveles topográficamente más bajos y se manifiestan como derrumbes, deslizamientos, hundimientos y colapsos.

En Asunción se han producido algunos casos aislados de derrumbes y hundimientos debido a las características litológicas (sedimentos detríticos) y geotécnicas de los suelos. Por ejemplo, derrumbes de suelo fueron observados en el sitio de

excavaciones para la construcción de la Plaza de la Democracia, ubicada entre las calles Estrella, Oliva, Nuestra Señora de la Asunción e Independencia Nacional, el desmoronamiento de suelo en las excavaciones constituye daños materiales, económicos y pérdidas de vidas humanas. Este tipo de movimientos se acentúa en épocas de mayor intensidad pluvial.

**IV. Sedimentación**

En los lugares de transición entre las unidades de terraza y las unidades de planicies, donde los cursos de agua reducen su velocidad, se produce la pérdida de capacidad de carga con la consiguiente depositación de los materiales en suspensión, que incluye a más de los sedimentos propiamente dicho, todo tipo de residuos sólidos, efluentes domiciliarios, industriales, etc.

Es de mencionar que después de las grandes precipitaciones, se acumulan considerables volúmenes de sedimentos arenosos y materiales de desechos (basura).

En las partes más bajas, en este caso las planicies, la sedimentación en zonas de relieve plano y/o con ausencia de pendiente contribuye a disminuir la velocidad de escorrentía.

Las consecuencias más resaltantes causadas por la sedimentación están relacionas a los anegamientos, la pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua, influencias negativas sobre el drenaje y el deterioro del lugar.

**V. Contaminación de los Recursos Hídricos**

En el área de estudio, el flujo de carácter pluvial y el caudal de sus tributarios, presentan un máximo anual durante el verano, de noviembre a abril, período de mayores precipitaciones. Los arroyos, en relación a la dorsal de dirección NW-SE, corren con dirección NE, desde las terrazas hacia la desembocadura en el río Paraguay y la Bahía de Asunción.

Los arroyos combinan en sus cauces naturales, aguas de lluvia, aguas cloacales, aguas servidas y aguas subterráneas, conteniendo numerosos tipos de contaminantes, incluyendo materia orgánica biodegradable, sales inorgánicas, detergentes, nitratos, amonios, fosfatos y coliformes fecales.

Puede afirmarse que los arroyos principales, así como los más pequeños, son utilizados como vertederos de una gran cantidad de efluentes de diferentes orígenes, como los industriales, cloacales, domiciliarios y otros, produciendo un caudal de desagüe y contaminación permanente de los que son receptores finales, los bañados, la bahía de Asunción y el río Paraguay, con evidentes signos de contaminación en las zonas adyacentes a los asentamientos, comprometiendo seriamente a la salud y el equilibrio de los ecosistemas.

**VI. Degradación del Paisaje**

De hecho, la casi totalidad del área de estudio y sus alrededores, han sido intervenidos por la ocupación humana, lo que acarreó una modificación en su fisiografía natural, lo que produjo una evolución del paisaje.

Los tipos de degradación del paisaje más comunes están dados por depósitos de residuos humanos e industriales, ocupación habitacional de laderas en situación de riesgo y, más recientemente la línea de alta tensión de la ANDE.

Los paisajes notoriamente degradados son las que ocupan el Bañado Sur (vertedero Cateura), Bañado Norte (lagunas Pyta, Caracará y esteros aledaños).

### 8.4.6. Conclusiones

Los resultados del análisis realizado para identificar y caracterizar los principales problemas relacionados al geoambiente, sobre la base del estudio de sus componentes geomorfológicos, geológicos, hidrológicos, geotécnicos, topográficos y climáticos, han servido para llegar a las siguientes conclusiones:

De acuerdo a la caracterización geomorfológica, el medio físico del Área del vertedero de Cateura lo constituye la Cuenca Hidrológica del Río Paraguay y la Unidad de Planicie, tal como se observa en el Mapa Geomorfológico.

El análisis de los resultados obtenidos de la caracterización del medio físico permitió identificar dos áreas de uso: la ocupación restringida y ocupación no recomendada. (Ver cuadros I y II).

En vista de estas conclusiones, los principales problemas geoambientales relacionadas al medio por sus magnitudes y consecuencias, que deberán ser consideradas son: la erosión y la inundación.

La planicie evidencia superficies básicamente con un gradiente topográfico plano, equivalente a una planillanura. La cuenca hidrológica río Paraguay se manifiesta a través de los procesos erosivos y deposición de sedimentos fluviales recientes.

**CUADRO I**

**Cuenca Hidrológica Río Paraguay**

**Característica del Medio Físico**

| **Forma de Relieve** | **Plano** |
|---|---|
| Declividad | 0-2% |
| Unidad Geomorfológica | Planicie de inundación |
| Unidad Litológica | Facie arenosa y arcillosa |
| Suelo | Aluvial, hidromorfos, arenas, limos y arcillas |
| Recursos hídricos superficiales | Bahías, lagunas, arroyos, río. |
| Recursos hídricos subterráneos | Acuífero superficial, acuífero libre |
| Nivel freático | < 1 m. y aflorante en algunos sitios |
| Cobertura Vegetal | Plantas acuáticas y pastizales |
| Uso y ocupación actual | Suburbana, recreacional, vertederos de residuos |

**Comportamiento Geotécnico**

| | |
|---|---|
| Densidad Relativa | Muy suelta |
| Permeabilidad | Moderada |

**Riesgos Geológicos**

| | |
|---|---|
| Erosión | Fluvial (Río Paraguay) |
| Sedimentación | Fluvial (Río Paraguay) y pluvial |
| Inundación | Fluvial (Río Paraguay) |
| Remoción de masas | Hundimientos en suelos areno-arcillosos, derrumbes en taludes. |

**Aptitud Física**

| | |
|---|---|
| Residencial | Inadecuada |
| Industrial | Inadecuada |
| Disposición residuos | Inadecuada |
| Áreas especiales | Adecuada para área recreacional, reserva ecológica |

**CUADRO II**

**Unidad De Planicie**

**Característica del Medio Físico**

| | |
|---|---|
| Forma de relieve | Plano a suavemente ondulado, abrupto en los taludes de arroyos y barranco del río Paraguay |
| Declividad | 0-2%<br>3-5%<br>10 a 20% en talweg, barranco río Paraguay |
| Unidad Geomorfológica | Planicie |
| Unidad Litológica | Facie areno-pelítica, pelita arenosa y pelitas |
| Suelo | Aluvial, coluvial |
| Recursos hídricos superficiales | Arroyos y nacientes |
| Recursos hídricos subterráneos | Acuífero libre |
| Nivel freático | < 1 m. y aflorante en algunos sitios |
| Cobertura vegetal | Residuales, en galerías y pastizales |
| Uso y ocupación actual | Área urbana y suburbana, industrial y recreacional (parques) |

**Comportamiento Geotécnico**

| | |
|---|---|
| Densidad Relativa | Baja a muy baja en suelo<br>SPT>50; 0<=Np <=40, en arenas cementadas muy densas. |
| Permeabilidad | Baja $10^{-5}$ a $10^{-6}$ cm./sg. |

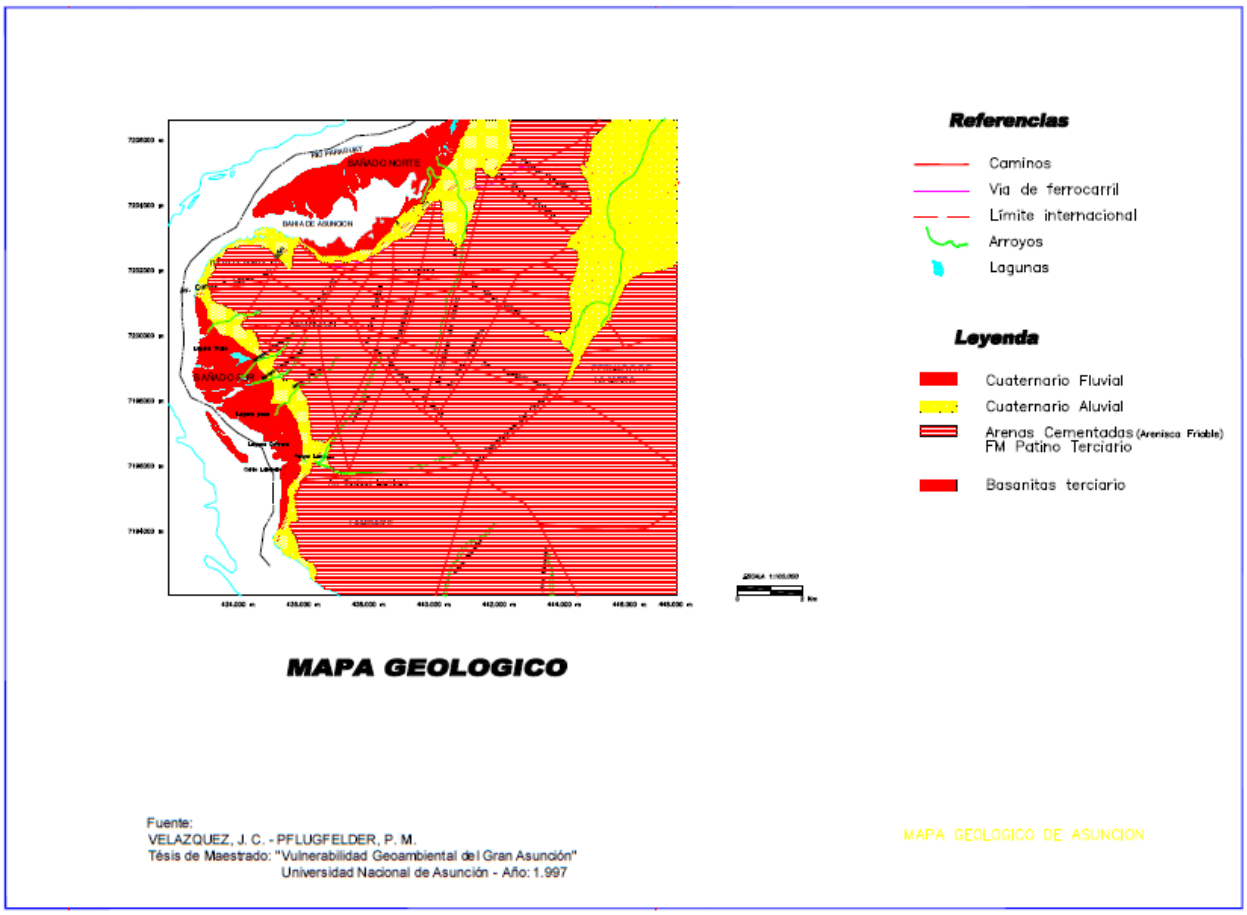
**Riesgos Geológicos**

| | |
|---|---|
| Erosión | Susceptible en la vertiente |
| Sedimentación | Pluvial y fluvial |
| Inundación | Pluvial y fluvial |
| Remoción de masas | Hundimientos en suelos arenosos, derrumbes en taludes. |

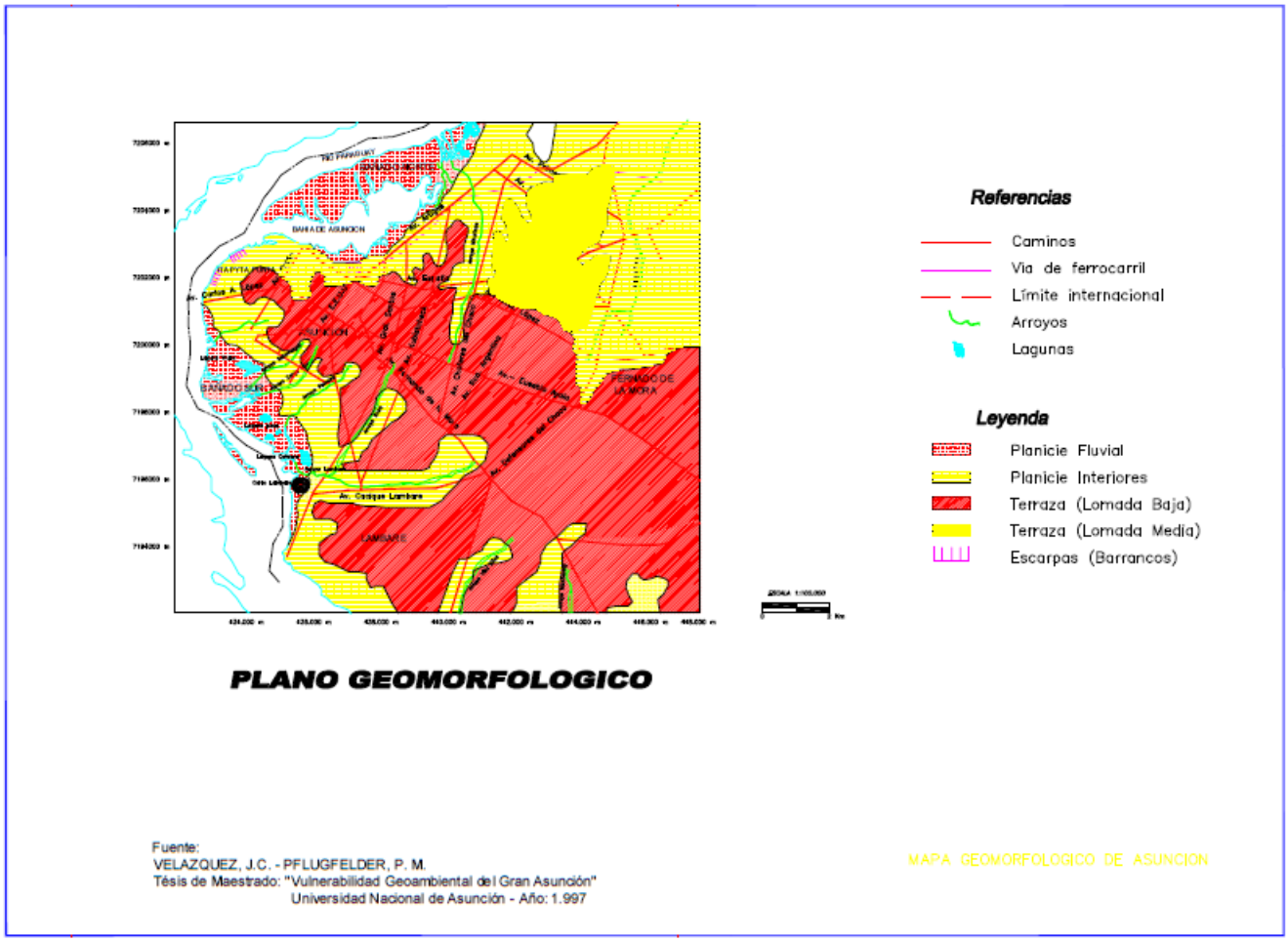
**Aptitud Física**

| | |
|---|---|
| Residencial | Restringida |
| Industrial | Inadecuada |

| | |
|---|---|
| Disposición residuos | Inadecuada |
| Áreas especiales | Adecuada para área recreacional (parques y plazas) |




*Mapa 1: Mapa Geológico de Asunción*




*Mapa 2: Mapa Geomorfológico de Asunción*

## Geotecnia

En el informe 1370 de la firma Geo-Stan SRL de octubre de 2.012 se presenta una estratigrafía de los suelos de base del vertedero.

En dicho perfil se puede apreciar que dichos suelos están constituidos por tres metros de relleno con basura con una tapada de suelos areno limosos (SM) y areno arcillosos (SC).

Por debajo de dicha basura aparecen los suelos característicos de las planicies de inundación de los bañados, conformados por arcillas arenosas de baja plasticidad (CL), arcillas limosas de mediana plasticidad (CL), arcillas limo arenosas de mediana plasticidad (CL) de consistencia blanda a medianamente rígida.

Por debajo de este estrato cohesivo se encuentran arenas limosas (SM) de densidad relativa muy suelta a medianamente densa.

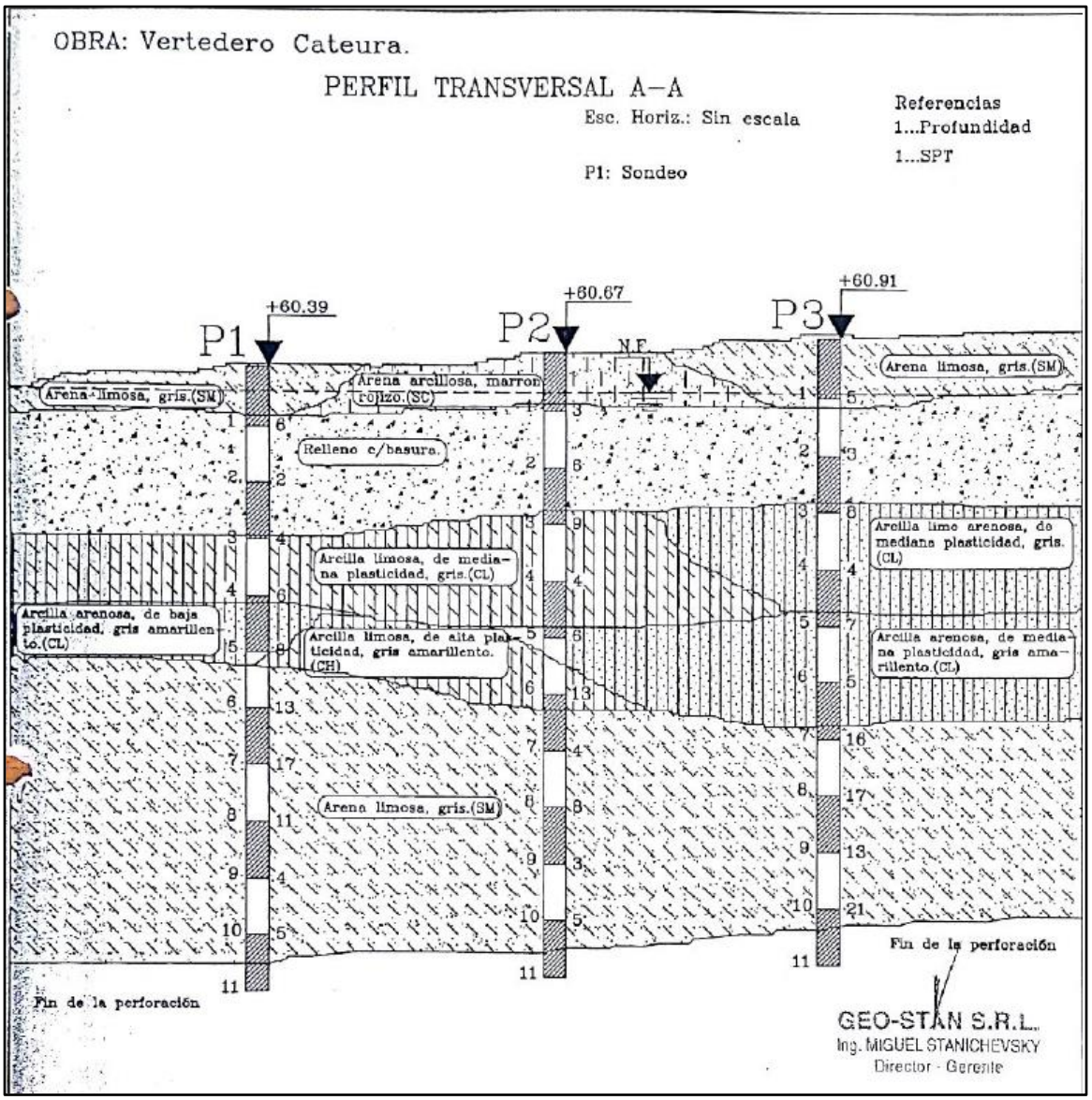



*Figura 31: Perfil Estratigráfico Base Relleno*

En el estudio 2183 de la firma Geo-Stan SRL de agosto de 2.017 de la Planta de Transferencia se puede observar un corte realizado a lo largo del plano determinado por los sondeos P5, P3 y P1 realizados en dicha oportunidad en la zona de transferencia.

*Mapa 3: Planta de Ubicación de Sondeos*

En el corte se puede apreciar el relleno de basura con espesores cercanos a los 16 metros por debajo de los cuales se encuentran suelos areno limosos (SM).

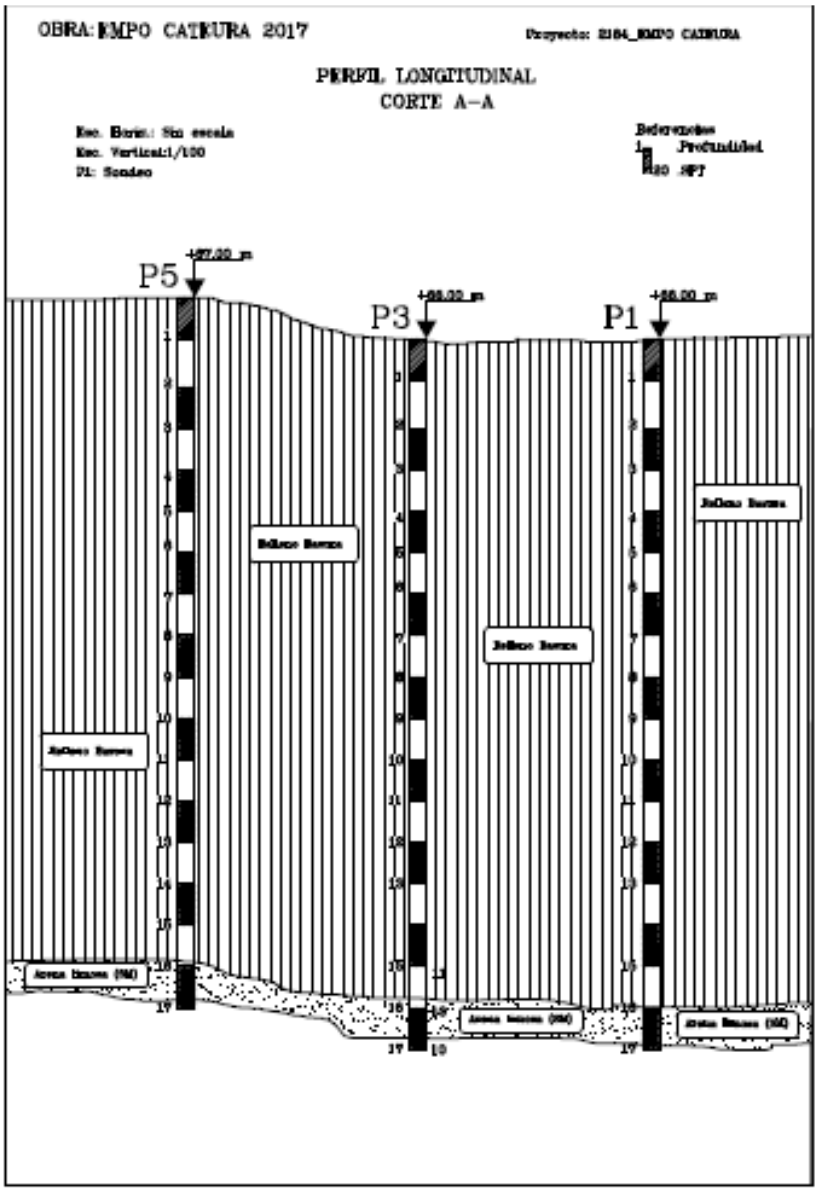



*Figura 32: Perfil Estratigráfico Zona Transferencia*

## 8.5. Consideraciones sobre la Consolidación de los Suelos de Base del Relleno

Los suelos correspondientes al área de estudio poseen una gran heterogeneidad (forma parte de la propia génesis de estos suelos que se han formado por sucesivas deposiciones de material resultante de las avenidas del río y de los arroyos provenientes de la zona alta de la ciudad), que hace que se den lentes importantes de arcillas con lentes de arena, lo que dificulta mucho la recuperación de testigos a

través de sondeos y calicatas y hace que el tallado de muestras para los ensayos de consolidación no condigan con el correspondiente a muestras para otros ensayos.

El estudio de la deformación de estos suelos debería realizarse a través de un sistema de “multicamadas”, que abarque la extracción de las muestras necesarias para los ensayos de consolidación, de los diferentes estratos.

La complejidad que resultaría de estimar los asentamientos con el método tradicional basado en determinaciones edométricas de los suelos plásticos, prácticamente descalificaría el procedimiento, recomendándose en consecuencia para este tipo de material, la estimación de los asentamientos debería hacerse por medio de la medición de asentimetros de placa tomando lecturas hasta que los asentamientos presenten una curva asintótica, que marcaría la estabilización de dichos suelos.

Para el efecto es altamente recomendable dedicar un sector del relleno para la observación instrumentada de los asentamientos.

Sin embargo, debido al tiempo transcurrido y el exceso de carga que se tiene ya en algunos de los sectores del relleno, se puede asegurar que los suelos de base, por ser predominantemente arenosos, a partir de la profundidad mencionada, se encuentran totalmente consolidados.

En cuanto al relleno en sí, teniendo en cuenta la heterogeneidad del material, el mismo sí es pasible de asentamientos que serán monitoreados una vez que se termine la cobertura y el cierre del relleno a través de las mencionadas placas asentimétricas.

### 8.6. Relevamiento Topográfico y Visualización 3-D mediante Vuelo de Dron

En el Anexo Fotogrametría de Cateura, se encuentra el relevamiento topográfico del sitio. El mismo contiene las curvas de nivel cada 0,25 m; cortes transversales y longitudinales cada 25 m; y la identificación de los canales de lixiviados, así como sus secciones trasversales.

Enlace para plan altimetría: https://bit.ly/download_planimetria

Enlace para las curvas de nivel: https://bit.ly/download_curvas_de_nivel

Enlaces para las secciones trasversales:

https://bit.ly/download_secciones_transversales

El relevamiento realizado a través de vuelos de dron permite una gran precisión de datos, sobre todo, la realización de una "maqueta" virtual en 3D, que puede ser utilizada para diversos tipos de análisis. El vuelo de dron permite identificar objetos en puntos que con el relevamiento topográfico tradicional no se podría acceder (ya se por difícil o peligroso acceso a ellos). El modelo 3D generado con los datos relevados por el dron complementa las vistas usuales de topografía y permite la toma de decisiones informadas para distintas disciplinas.

Para el procesamiento de los puntos relevados por el dron se utilizan una serie de técnicas y herramientas. Para el procesamiento de los datos, se recurrió a la tecnología de la empresa DronDeploy (www.dronedeploy.com), una de las empresas líderes dé procesamiento de datos georeferenciados. Asimismo, se utilizó la herramienta VectorWorks (https://www.vectorworks.net/es-US) para un análisis puntual de secciones y polígonos.

Una descripción del trabajo realizado con los puntos recogidos por el dron se encuentra en el Anexo.

Para comodidad, a continuación, se presentan algunos enlaces para visualizar el trabajo realizado con DronDeploy:

Enlace para maqueta virtual: https://bit.ly/download_maqueta_virtual

## 8.7. Consideraciones sobre los Taludes del Relleno Sanitario

Uno de los aspectos a ser considerados durante la evaluación de un RSU, se relaciona con la estabilidad de los taludes. La bibliografía consultada indica que los rellenos sanitarios pueden tener varios modos de falla, tales como se indica en la siguiente figura (Palma y otros, 2006[1]):

[1] Palma, J.; Espinace, R.; Valenzuela, P. (2006): Análisis de la Estabilidad de Rellenos Sanitarios, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

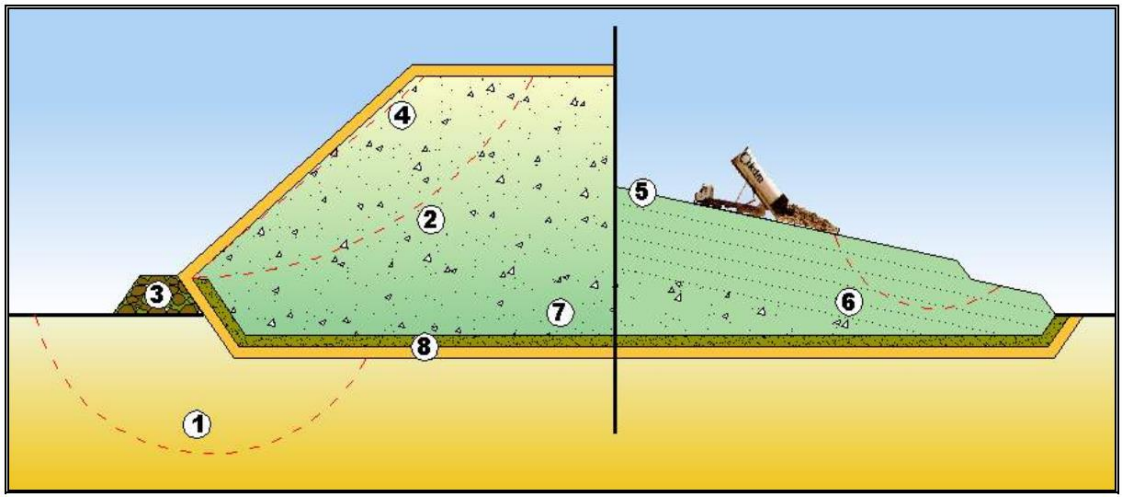



*Figura 33:Inestabilidades en el cuerpo del relleno sanitario (Palma y otros, 2006).*

Los diversos modos de falla están influenciados por la capacidad portante del terreno de asiento, por lo parámetros geotécnicos del material de relleno y, principalmente, por la altura y la pendiente de la cara del relleno sanitario.

Atendiendo a esto, las buenas prácticas recomiendan que los rellenos sanitarios posean una pendiente lateral entre 1:3 y 1:2 (Jaramillo, J., 2002)[2]. De esta forma, se controla uno de los parámetros claves en la estabilidad de los taludes del relleno sanitario.

Como parte del análisis preliminar en esta consultoría, se realiza un relevamiento topográfico detallado, así como un relevamiento 3-D mediante vuelo de dron (ver Anexo -Fotogrametría de Cateura). Partiendo de este relevamiento realizado en el sitio, se analizan las pendientes de las diversas secciones del RSU, tanto en la dirección Norte-Sur, como en las secciones con orientación Oeste-Este. Un resumen de las pendientes medias encontradas en cada sección se presenta en la siguiente tabla:

[2] Jaramillo, Jorge (2002): Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales; Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Perú.

## Secciones con Orientación Norte – Sur:

| | Lado Norte | | | Lado Sur | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Identificación | delta X | delta Y | ángulo | delta X | delta Y | ángulo |
| T50 | - | - | - | - | - | - |
| T75 | - | - | - | - | - | - |
| T100 | - | - | - | - | - | - |
| T125 | 19,22 | 6,96 | 19,91 | 23,39 | 6,51 | 15,55 |
| T150 | 37,04 | 15,01 | 22,06 | 57,92 | 18,50 | 17,71 |
| T175 | 38,92 | 15,02 | 21,10 | 51,92 | 18,00 | 19,12 |
| T200 | 37,23 | 16,00 | 23,26 | 52,32 | 17,69 | 18,68 |
| T225 | 37,20 | 14,81 | 21,71 | 54,25 | 18,00 | 18,36 |
| T250 | 36,98 | 15,43 | 22,65 | 56,53 | 18,83 | 18,42 |
| T275 | 36,31 | 14,57 | 21,86 | 57,45 | 19,00 | 18,30 |
| T300 | 37,24 | 14,00 | 20,60 | 55,16 | 18,65 | 18,68 |
| T325 | 42,78 | 14,61 | 18,86 | 59,39 | 19,51 | 18,19 |
| T350 | 47,01 | 15,08 | 17,79 | 60,45 | 19,36 | 17,76 |
| T375 | 18,52 | 6,66 | 19,78 | 61,88 | 19,44 | 17,44 |
| T400 | 31,27 | 10,75 | 18,97 | 54,88 | 17,18 | 17,38 |
| T425 | 55,28 | 19,85 | 19,75 | 53,63 | 17,46 | 18,03 |
| T450 | 40,66 | 17,42 | 23,19 | 46,16 | 15,09 | 18,10 |
| T475 | 41,19 | 18,88 | 24,63 | 35,13 | 12,03 | 18,90 |
| T500 | 45,52 | 17,30 | 20,81 | 35,01 | 13,01 | 20,39 |
| T525 | 30,29 | 12,69 | 22,73 | 27,52 | 10,50 | 20,88 |
| T550 | 32,92 | 13,21 | 21,86 | 31,99 | 9,73 | 16,92 |
| T575 | 38,35 | 13,50 | 19,39 | 22,14 | 10,03 | 24,37 |
| T600 | 55,89 | 17,53 | 17,41 | 40,43 | 12,89 | 17,68 |
| T625 | 63,50 | 20,74 | 18,09 | 56,37 | 13,85 | 13,80 |
| T650 | 60,36 | 19,50 | 17,90 | 52,77 | 12,18 | 13,00 |
| T675 | 62,83 | 19,26 | 17,04 | 32,49 | 9,52 | 16,33 |
| T700 | 81,43 | 19,50 | 13,47 | 35,27 | 10,49 | 16,56 |
| T725 | 90,43 | 16,00 | 10,03 | 25,84 | 9,56 | 20,30 |
| T750 | 27,01 | 10,71 | 21,63 | 25,32 | 5,92 | 13,16 |

*Figura 34: Pendientes medias del relleno sanitario en las distintas secciones relevadas con orientación Norte-Sur*

**Secciones con Orientación Oeste-Este:**

| | Lado Oeste | | | Lado Este | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Identificación | delta X | delta Y | ángulo | delta X | delta Y | ángulo |
| L125 | 12,65 | 4,89 | 21,13 | 38,07 | 7,72 | 11,46 |
| L150 | 23,65 | 11,50 | 25,93 | 18,23 | 8,03 | 23,77 |
| L175 | 33,57 | 15,50 | 24,78 | 27,26 | 7,00 | 14,40 |
| L200 | 33,99 | 15,50 | 24,51 | 67,92 | 8,70 | 7,30 |
| L225 | 31,89 | 14,37 | 24,26 | - | - | - |
| L250 | 34,41 | 15,00 | 23,55 | 36,71 | 10,78 | 16,37 |
| L275 | 39,44 | 15,00 | 20,82 | 31,75 | 11,51 | 19,93 |
| L300 | 39,12 | 16,00 | 22,24 | 31,01 | 12,55 | 22,03 |
| L325 | 23,50 | 10,11 | 23,28 | 30,53 | 12,08 | 21,59 |
| L350 | 42,96 | 17,50 | 22,16 | 29,48 | 11,63 | 21,53 |
| L375 | 77,02 | 26,94 | 19,28 | 56,02 | 14,61 | 14,62 |
| L400 | 57,14 | 24,00 | 22,78 | 46,95 | 12,83 | 15,28 |
| L425 | 59,25 | 22,80 | 21,05 | 61,51 | 16,91 | 15,37 |
| L450 | 49,96 | 19,00 | 20,82 | 106,58 | 19,90 | 10,58 |
| L475 | 39,88 | 15,02 | 20,64 | 115,21 | 22,00 | 10,81 |
| L500 | 88,77 | 11,99 | 7,69 | 74,14 | 12,65 | 9,68 |
| L525 | - | - | - | - | - | - |

*Figura 35: Pendientes medias del relleno sanitario en las distintas secciones relevadas con orientación Oeste-Este*

De este análisis, se encuentra que solo en un 33% de los casos, la pendiente del RSU es superior a 1:3, valor recomendado para este tipo de relleno. Pero en ningún caso han alcanzado el valor de 26,5°, correspondiente a la pendiente 1:2. Siendo esta última la pendiente máxima recomendada por las guías de buenas prácticas (Jaramillo, J., 2002).

## 8.8. Estudio de Alternativas de Cierre

Se están estudiando las diferentes alternativas de cierre en función a las canteras de suelo próximas.

En función a dichas canteras se definirá el espesor y tipo de cobertura a ser utilizada (utilización o no de geomembranas).

# 9. Fotogrametría Vertedero Cateura

## 9.1. Descripción

### 9.1.1. Metodología

I. Relevamiento fotogramétrico utilizando drones en vuelo a altura -adaptativa a la topografía natural- de entre 50 y 120 mts. de la zona urbana seleccionada. Durante el vuelo pre programado, la aeronave toma una secuencia de hasta 3000 fotogramas. Cada fotografía registra su geo posicionamiento satelital.

II. Las imágenes son descargadas a nuestros servidores en DroneDeploy USA donde son procesadas y los productos puestos a disposición para su análisis.
Orto mosaico: compuesto por las imágenes tomadas y armadas un solo documento para su manipulación digital o impresa.
Topografía: Curvas de nivel del sitio estudiado con escala cada 25 cm
Modelo 3D: Maqueta tridimensional virtual para el análisis y caracterización de la ocupación urbana.

III. Puntos de Calibración en Tierra (GCP)
A fin de aumentar la precisión del estudio se relevan puntos de control con instrumentos tradicionales RTK.

## 9.2. Objetivos

### 9.2.1. Objetivo General

Visualización detallada actual del área afectada al proyecto de referencia, a través de información digital en dos y tres dimensiones.

### 9.2.2. Objetivos Específicos

- Identificación y evaluación de las zonas y sus diferenciales condiciones y riesgos
- Brindar a los proyectistas, acceso a “virtual en línea” (en la nube) a zonas de difícil acceso presencial por las difíciles y abruptas condiciones topográficas.
- Disponer de un orto mosaico fotográfico georreferenciado, del cual extraer longitudes y áreas con una precisión cercana la obtenida con instrumentos tradicionales, pero con valiosa información visual.
- Disponer de un marco de referencia anterior a las intervenciones a efectos de comparar la situación previa y las mejoras implementadas.

## 9.3. Alcance

### 9.3.1. Zona de Estudio

Nombre: Vertedero Cateura.

Dirección: Tte. Lidio Cantalupi y ribera, Asunción.

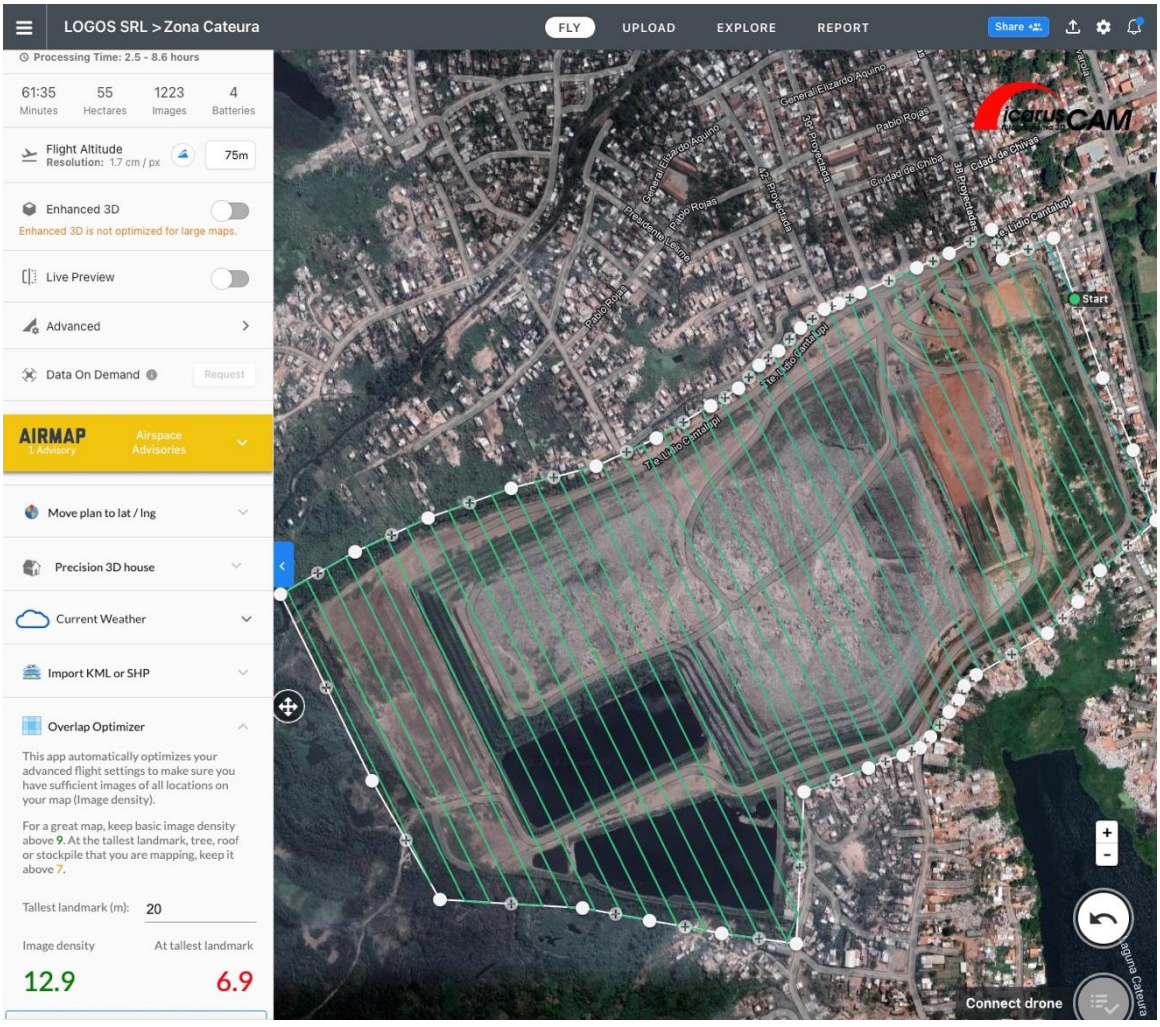
Coordenadas GEO.: Easting: 435302.593 m E

Northing: 7198896.671 m S

Zona: 21S

Altura Máxima de Sobrevuelo: 75 m. (adaptativa)

### 9.3.2. Plan de Vuelo




## 9.4. Actividades

### 9.4.1. Trabajos Preliminares

I. Recepción de directivas y objetivos del mapeo de parte de la consultora

II. Inspección del sitio y selección de posibles locaciones para la estación base, determinación de la altura de seguridad para vuelos programados y puntos de interés para vuelos manuales.
III. Planes de vuelo con la configuración de las misiones de mapeo (tipos), sus polígonos de influencia, duración, resolución y recursos para el funcionamiento de los drones.
IV. Contratación de personal de apoyo local (para operaciones
V. Gestión de permiso de la DINAC
VI. Compilación de la documentación digital disponible (relevamientos previos, zonificación del sector, plano catastral manzanero, etc.)

### 9.4.2. Trabajos de Campo

Comprende el trabajo de campo:

I. Mapeo 2D / 3D: Ejecución del trabajo de campo que incluye vuelos específicos para captura de información 2D y 3D.
   - Duración: 1 a 2 jornadas de 4 hs (depende de condiciones climáticas).
   - Equipos: Drones DJI Mavic Pro 2 y Mavic Air
   - Recursos humanos: 2 operadores, 2 asistentes
II. Procesamiento de Imágenes
   - Transferencia electrónica de las capturas fotográficas a nuestro licenciador, DroneDeploy (USA), para el procesamiento de las imágenes.
   - Procesamiento remote
   - Descarga de resultados

### 9.4.3. Producción de Documentos

- Compendio de planos impresos (formato PDF)
- Vínculos de descarga de planos (formato DWG)
- Vínculos de descarga de archivos fuente (GEOTIF, SHP, LAS, etc.)

## 10. Análisis de Alternativa Arquitectónica

Se toman como base de análisis para la post clausura del vertedero de Cateura dos ejemplos recientes de cierres de vertederos dentro del continente americano.

Uno de ellos fue el vertedero más grande del continente, y en su momento, del mundo entero hoy conocido como Parque Freshkills, lo que anteriormente era el vertedero de basuras de la ciudad de Nueva York, Estados Unidos ubicado en Staten Island. Clausurado en año 2001, recibió sus últimos desechos a los restos de las torres gemelas, y en menos de 10 años se convirtió en un Parque de 890 hectáreas. Si bien, el parque Freshkills es un excelente ejemplo de recuperación ambiental tanto en los resultados paisajísticos visibles, como en el tratamiento de contaminación del suelo y también del tiempo de realización, es un ejemplo que por su tamaño, su contexto y sus presupuestos no coinciden con el caso de CAteura, pero si en cuanto a sistemas constructivos.

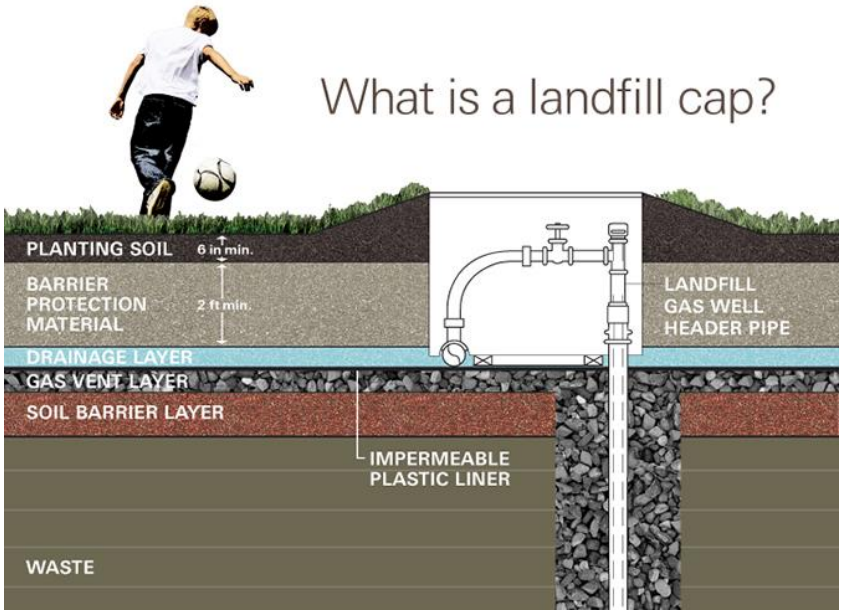



*Figura 36: Corte Constructivo Parque FreshKills*

El otro caso de estudio, el Parque de Moravia, en Medellín, Colombia en cambios es un ejemplo que por sus características contextuales, socioeconómicas y políticas coinciden en gran medida con el proyecto de Cateura.

El Parque Jardín de Moravia se ubica donde anteriormente se encontraba un vertedero a cielo abierto de 46 hs y 35 metros de altura, donde se asentó un barrio que llegó a albergar a 2300 familias aproximadamente. En el año 2004 se declaró

estado de calamidad pública y se clausuró el vertedero, para dar inicio a un proceso de recuperación de la zona.

La clave del proyecto consistió en convertir el antiguo vertedero en un gran jardín que funcione además como vivero municipal, dando así participación activa a la ciudadanía en la recuperación del predio, diseñando no solo una solución ambiental, sino también

Teniendo en cuenta la dimensión socio-económica del sitio y la dependencia laboral de la comunidad para con el anterior vertedero. Por ello, la propuesta del Vivero Municipal es fundamental como fuente de trabajo, y como fuente de recuperación ambiental.

*Figura 37: Parque Jardín de Moravia*

En el artículo *¿Puede surgir de un cerro de basura un maravilloso jardín urbano?*, del año 2014, publicado en **el blog** de la División de Vivienda y Desarrollo Humano **del BID** Diego Arcia formula y **responde la** siguiente pregunta.

***¿Cómo pasar de una idea de tal magnitud a su materialización?***

*Con base en las propuestas urbanas, múltiples estudios científicos, y en paralelo al proceso de reasentamiento de 1.500 familias que habitaban el cerro. Las entidades del gobierno*

*municipal, lideradas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en cooperación con varias universidades, desarrollaron múltiples medidas de remediación del cerro. Estas medidas incluyeron el uso de sistemas naturales como los buffers strips y humedales construidos, implementados y probados en la planta piloto de tratamiento de lixiviados, cuyo objetivo era el manejo de las aguas contaminadas. Se desarrollaron intervenciones paisajísticas a través del programa de Jardines Comunitarios promovido por la Catedra UNESCO de Sostenibilidad (parcelas de fitorremediación y biorremediación) para la extracción de metales pesados. En paralelo se construyeron espacios públicos y equipamientos comunitarios periféricos al cerro. Este conjunto de medidas asegura no solo la recuperación y descontaminación de esta zona degrada, sino la sostenibilidad de las intervenciones.*

El cerro de Moravia ha sido un importante laboratorio urbano para la ciudad de Medellín. En el ámbito internacional esta intervención aparece como modelo, no solo por la incorporación de tecnologías sostenibles, sino por los procesos de participación social que han sido uno de los factores clave para su transformación. Este nuevo jardín urbano de Medellín, es una clara muestra para los tomadores de decisiones, funcionarios del gobierno y comunidad en general que es posible soñar soluciones arriesgadas y hacerlas realidad, incluso a partir de los escasos recursos y debilidades institucionales que aquejan nuestras administraciones locales.

Para el proyecto de Post Clausura del vertedero de Cateura se contempla la posibilidad de tomar como precedente el caso de Moravia y plantear como una de las actividades a realizarse dentro del futuro Parque, la de un Vivero Municipal que pudiese articularse con la Escuela Taller de la Municipalidad de Asunción para la formación en jardinería e incluir a la comunidad aledaña mediante fuentes de trabajo cooperativo aprovechando las grandes extensiones de paisaje recuperado que puedan dinamizar la economía de la zona con mediante venta de plantas y gastronomía.

Además, se propondrán actividades deportivas, recreativas y culturales teniendo en cuenta la magnífica ubicación del predio respecto al Río Paraguay y al Cerro Lambaré.

# 11. Anexos

**11.1. Plano de Análisis de Alternativa Arquitectónica.**

**11.2. Planos Topográficos**

**11.2.1. Plano Ortomosaico.**

**11.2.2. Plano Topográfico.**

**11.2.3. Perfiles Longitudinales y Transversales.**

**11.2.4. Modelo 3D.**

**11.2.5. Perfiles Longitudinales L100-275.**

**11.2.6. Perfiles Longitudinales L300-475.**

**11.2.7. Perfiles Longitudinales L500-525.**

**11.2.8. Perfiles Transversales T050-425.**

**11.2.9. Perfiles Transversales T450-800.**

**11.2.10. Perfiles Transversales T825-1000.**

**11.2.11. Relevamiento Planimétrico 2.**

**11.2.12. Topografía de Canales y Lagunas.**

**11.3. Planilla resumen del marco legal e institucional.**