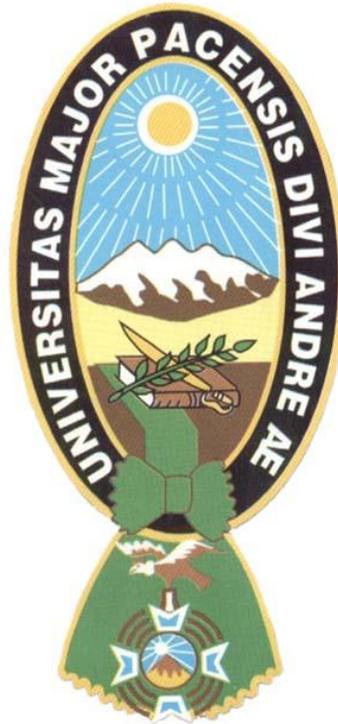


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TRABAJO DIRIGIDO**

**PROPUESTA DE COBERTURA VEGETAL PARA EL SECTOR "C" DEL RELLENO  
SANITARIO DE VILLA INGENIO - EL ALTO  
EN LA FASE DE CIERRE**

**Univ. Egr. ANDRES MARIA GUTIERRREZ ALVAREZ**

**La Paz – Bolivia  
2011**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**PROPUESTA DE COBERTURA VEGETAL PARA EL SECTOR “C” DEL RELLENO  
SANITARIO DE VILLA INGENIO - EL ALTO  
EN LA FASE DE CIERRE**

*Trabajo Dirigido presentado como requisito parcial  
para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**Univ. Egr. ANDRES MARIA GUTIERREZ ALVAREZ**

**Asesor:**

Ing. Rafael Díaz Soto .....

**Revisor (es):**

Ing. M.Sc. Carmen G. Montoya Martínez .....

Ing. PhD. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez .....

**Aprobado**

**Presidente Tribunal Examinador** .....

**La Paz – Bolivia**  
**2011**

## *DEDICATORIA*

*Mi trabajo lo dedico a toda mi familia, en especial a mis padres Elizabeth y José (†) por el cariño y apoyo incondicional que siempre me brindaron durante mi formación profesional.*

*Lo dedico a mis hijas Scarleth y Andrea que son la fuerza que me impulsa día a día para seguir adelante.*

*Finalmente una dedicatoria muy especial para mi amada esposa Jakeline, que siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo, amor y paciencia... te amo JAKELINDA.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios, por guiarnos cada día de nuestras vidas para lograr superarnos.

- A mi asesor Ing. Rafael Díaz Soto, por sus consejos y experiencia invaluable que me brindo para culminar con éxito este trabajo.
- Al Ing. Rubén Flores Chávez, Gerente General de la Empresa COLINA SRL. por el respaldo y cooperación brindada para poder realizar este trabajo.
- Agradecer a mis revisores: Ing. M.Sc. Carmen G. Montoya Martínez y a la Ing. PhD. Carmen Rosa del Castillo Gutiérrez por sus sugerencias y tiempo que dedicaron para revisar el trabajo final.
- A mi suegra Ana, por haberme brindado su apoyo incondicional siempre.

# INDICE

	Pág.
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Metas	4
<b>II. MARCO TEORICO</b>	<b>5</b>
2.1. Contexto Normativo	5
2.1.1. Ley 1333	5
2.1.2. Norma Boliviana NB 742	13
2.1.3. Norma Boliviana NB 758	13
2.1.4. Norma Boliviana NB 760	14
2.2. Marco Conceptual	16
2.2.1. Relleno Sanitario	16
2.2.2. Residuos Sólidos	17
2.2.3. Disposición Final de Residuos Sólidos	21
2.2.4. Sistema de recolección y disposición de lixiviados	23
2.2.4.1. Resultados SGS de análisis de lixiviados	24
2.2.4.2. Resultados reportados SGS de análisis de lixiviados sometido a tratamiento por parte de COLINA SRL	26
2.2.5. Captación de biogás	27
2.2.5.1. Análisis del Biogás del RSVI (IIDEPROQ)	28
2.2.6 La Ciudad del Alto	29
<b>III. SECCION DIAGNOSTICA</b>	<b>30</b>
3.1. Materiales y Métodos	30
3.1.1 Estudio de área de intervención	30
3.1.2. Pruebas de Infiltración	33

3.1.3. Descripción de la flora	39
3.1.4. Descripción de la Fauna	44
3.1.5. Diagnostico Socio – Económico	46
3.2. Materiales	48
3.3. Metodología	49
3.3.1. Procedimiento de trabajo	49
3.3.1.1 Análisis Documental	49
3.3.1.2. Observación in situ y recolección de datos en campo	50
3.3.1.3. Trabajo de campo	50
3.3.1.4. Evaluación y procesamiento de información	51
3.3.1.5. Entrevistas y Reuniones con autoridades y técnicos	51
3.4. Prueba piloto en el sector “c” de la macro celda no.1	52
3.4.1. Materiales y métodos	52
3.4.1.1. Localización y ubicación	52
3.4.1.2. Características de la zona de estudio	53
3.4.1.3. Materiales	53
3.4.1.4. Metodología	53
3.4.1.5. Procedimiento de trabajo	54
3.4.1.6. Presupuesto del proyecto.	55
IV. SECCION PROPOSITIVA	55
4.1. Aspectos Propositivos	55
4.1.1. Propuesta técnica de cobertura vegetal para el sector “C” de la macro celda No. 1 del Relleno Sanitario Villa Ingenio	55
4.1.2. Implementación de una prueba piloto en el sector “C” de la macro celda No. 1 del Relleno Sanitario de Villa Ingenio	57
4.2. Análisis de Resultados	61
V. SECCION CONCLUSIVA	67
VI. BIBLIOGRAFIA	68
ANEXOS	70

# **PROPUESTA DE COBERTURA VEGETAL PARA EL SECTOR “C” DEL RELLENO SANITARIO DE VILLA INGENIO - EL ALTO EN LA FASE DE CIERRE**

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

El Municipio de El Alto, el año 1996 ha iniciado la operación de disposición final de Residuos Sólidos en el área de Villa Ingenio. Esta operación se inicio como consecuencia de la implementación del Servicio de Aseo Urbano que comprende el barrido, limpieza de vías, recolección, transporte y disposición final.

En el Relleno de Sanitario de Villa Ingenio (en actual operación), se deposita un promedio diario de 450 TN de residuos sólidos por día, los mismos que son recolectados y transportados por la Empresa Operadora TREBOL S.A. se calcula que la vida útil del sitio de disposición final estaba prevista para 10 años.

El Relleno Sanitario de Villa Ingenio (RSVI) se encuentra ubicada en la zona norte de la ciudad de El Alto perteneciente a la provincia Murillo del Departamento de La Paz.

En la actualidad la última celda del Relleno Sanitario de Villa Ingenio es operada por la empresa COLINA S.R.L., en virtud al contrato suscrito con la Empresa Municipal de Aseo de El Alto EMALT del Gobierno Municipal de El Alto, en el año 2005.

El Relleno Sanitario de Villa Ingenio se opera como tal desde hace 4 años luego de realizar acciones encaminadas a mitigar los efectos sobre el medio ambiente producidos por el botadero que antes operaba en la zona, con obras de ingeniería para la disposición final segura, de residuos sólidos, bajo condiciones controladas, con actividades de cierre, control de lixiviados, biogás y erosión, estabilización de taludes, reforestación y en general las técnicas de control ambiental utilizadas en el método de relleno sanitario, para evitar daños al ambiente y la salud de la zona y la ciudad del Alto.

Luego del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, es necesario realizar un manejo técnico adecuado como lo es la fase de cierre, que consiste en el sellado del relleno sanitario por haber concluido su vida útil, cumpliendo las condiciones y requisitos establecidos en las normas técnicas correspondientes.

La vida útil de la macro celda No 1, del relleno sanitario ya ha terminado, no existe áreas para seguir realizando la disposición final por lo que de operarse en las condiciones actuales, se estaría atentando severamente a los factores bióticos (flora, fauna) y abióticos suelo, aire, agua, ecología, entre otros por el peligro que representa para la salud de la población Alteña y que de acuerdo a las inspecciones in situ se verifico, que por las características técnicas de mal manejo no se trata de un relleno sanitario, sino de un botadero.

Ante esta situación crítica, agravado por la indefinición de contar con el Nuevo Relleno Sanitario, el Gobierno Municipal de El Alto, plantea la necesidad de iniciar las tareas de planificación del Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio identificando las variables técnicas, económicas, sociales y ambientales para la clausura definitiva del mismo.

El Plan de Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio debe cumplir con todos los requisitos de diseño, ingeniería y costos de ejecución y mantenimiento, así como, dar cumplimiento al ordenamiento normativo y legal existente. Es así que de acuerdo al Artículo 46 del Reglamento General de Gestión Ambiental se entiende por pasivo ambiental:

- a) el conjunto de impactos negativos perjudiciales para la salud y/o el medio ambiente, ocasionados por determinadas obras y actividades existentes en un determinado período de tiempo;
- b) los problemas ambientales en general no solucionados por determinadas obras o actividades.

Al cierre o sellado del relleno sanitario, una vez agotada su capacidad, se deben establecer programas de monitoreo, a largo plazo, de recuperación y de acondicionamiento del terreno para fines de aprovechamiento futuro; una de las acciones de acondicionamiento del terreno que se deben realizar es la implementación de la cobertura vegetal final adecuada a las características climatológicas de Villa Ingenio, para evitar la erosión posterior del terreno y por consiguiente la contaminación medio ambiental de la zona y de la comunidad.

## **1.2. Justificación.**

Actualmente el sector "C" de la macro celda N°1, del Relleno Sanitario de Villa Ingenio se halla en fase de cierre, pero no cuenta con una cobertura vegetal final, con áreas desprotegidas y sin ninguna protección vegetal, lo cual hace que sea susceptible de sufrir erosión tanto eólica como hídrica y una infiltración del agua de lluvia que aumentaría los afloramientos de lixiviados del sector, e incrementa los posibles pasivos ambientales de la zona.

Es evidente, que se hace necesario un manejo adecuado técnico, que lleve a aminorar el posible daño ambiental que puede ocasionar estos residuos, los cuales pueden influir tanto en el medio ambiente como en la salud humana.

### **1.3. Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Formular una propuesta técnica, viable para poder contrarrestar los posibles pasivos ambientales en el sector “C” de la macro celda No 1 del Relleno Sanitario de Villa Ingenio de El Alto.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a) Diagnosticar el área de donde se realizara la cobertura vegetal final.
- b) Proponer una cobertura de disposición general de cobertura vegetal al sector “C”, del Relleno Sanitario de Villa Ingenio.
- c) Realizar una prueba piloto de implementación de la cobertura final en el sector “C”, del Relleno Sanitario de Villa Ingenio.

### **1.4. Metas.**

Contar con un diagnostico ambiental de la zona de intervención.

Controlar los pasivos ambientales del sector “C”, de la macro celda No.1.

Identificar las especies adecuadas para realizar la cobertura vegetal del sector.

Contar con resultados preliminares de la prueba piloto

## **II. MARCO TEORICO**

### **2.1. Contexto Normativo**

#### **2.1.1. Ley No. 1333**

La ley No. 1333 o Ley del Medio ambiente promulgada el 27 de abril de 1992, tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza, promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

En el artículo segundo aclara que para los fines de la presente Ley, se entiende por desarrollo sostenible el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras. La concepción de desarrollo sostenible implica una tarea global de carácter permanente.

El medio ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación, su protección y aprovechamiento se encuentran regidos por Ley y son de orden público.

En su reglamentación la Ley N° 1333 del Medio Ambiente sobre Gestión de Residuos Sólidos, en su artículo primero señala, la presente disposición legal reglamenta la Ley del Medio Ambiente No. 1333 del 27 de abril de 1992, respecto a los residuos sólidos, considerados como factor susceptible de degradar el medio ambiente y afectar la salud humana, cuando excedan los límites permisibles a establecerse en reglamentación expresa, los que a continuación se enumeran:

a) Los que contaminan el aire, las aguas en todos sus estados, el suelo y el subsuelo.

b) Los que producen alteraciones nocivas de las condiciones hidrológicas, edafológicas, geomorfológicas y climáticas.

c) Los que alteran el patrimonio cultural, el paisaje y los bienes colectivos o individuales, protegidos por Ley.

d) Los que alteran el patrimonio natural constituido por la diversidad biológica, genética y ecológica, sus interpelaciones y procesos.

e) Las acciones directas o indirectas que producen o pueden producir el deterioro ambiental en forma temporal o permanente, incidiendo sobre la salud de la población.

Tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el aprovechamiento de los mismos mediante la adecuada recuperación de los recursos en ellos contenidos.

En su artículo 19º expone que son objetivos del control de la calidad ambiental:

1. Preservar, conservar, mejorar y restaurar el medio ambiente y los recursos naturales a fin de elevar la calidad de vida de la población.

2. Normar y regular la utilización del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la sociedad en su conjunto.

3. Prevenir, controlar, restringir y evitar actividades que conlleven efectos nocivos o peligrosos para la salud y/o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.

4. Normas y orientar las actividades del Estado y la Sociedad en lo referente a la protección del medio ambiente y al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a objeto de garantizar la satisfacción de las necesidades de la presente y futuras generaciones.

En el capítulo II artículo 36º, sobre el recurso agua, indica que las aguas en todos sus estados son de dominio originario del Estado y constituyen un recurso natural básico para todos los procesos vitales. Su utilización tiene relación e impacto en todos los sectores vinculados al desarrollo, por lo que su protección y conservación es tarea fundamental del Estado y la sociedad.

También expone que el Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno.

Los organismos correspondientes reglamentarán el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas.

La presente Ley en el capítulo III indica sobre el aire y la atmosfera, que es deber del Estado y la sociedad mantener la atmósfera en condiciones tales que permitan la vida y su desarrollo en forma óptima y saludable.

El Estado a través de los organismos correspondientes normará y controlará la descarga en la atmósfera de cualquier sustancia en la forma de gases, vapores, humos y polvos que puedan causar daños a la salud, al medio ambiente,

molestias a la comunidad o sus habitantes y efectos nocivos a la propiedad pública o privada.

En lo concerniente a la salud y el medio ambiente en el título VI, establece que el Estado a través de sus organismos competentes ejecutará acciones de prevención, control y evaluación de la degradación del medio ambiente que en forma directa o indirecta atente contra la salud humana, vida animal y vegetal. Igualmente velará por la restauración de las zonas afectadas

Es de prioridad nacional, la promoción de acciones de saneamiento ambiental, garantizando los servicios básicos y otros a la población urbana y rural en general.

Para la reglamentación de la Ley 1333 del 27 de abril de 1992, tienen validez las siguientes definiciones:

**BIOGAS:** La mezcla de gases, producto de la descomposición biológica (principalmente metano y gas carbónico) producto de la descomposición anaeróbica de la fracción orgánica de los residuos sólidos.

**BOTADERO:** Sitio de acumulación de residuos sólidos, que no cumple con las disposiciones vigentes o crea riesgos para la salud y seguridad humana o para el ambiente general.

**CELDA:** Es el bloque unitario de construcción de un relleno sanitario.

**CELDA DIARIA:** Las áreas definidas donde se esparcen y compactan los residuos durante el día siendo cubiertos al final del mismo, con una capa de algún material que en caso de ser suelo, también se compacte.

**CIERRE:** Sellado de un relleno sanitario por haber concluido su vida útil, cumpliendo las condiciones y requisitos establecidos en las normas técnicas correspondientes.

**COBERTURA FINAL:** Se entiende por cobertura final que se aplica a un relleno sanitario, como el conjunto de capas que cumplen la función de aislar definitivamente del exterior, los residuos sólidos depositados. La Norma Boliviana 760, establece aplicar una cubierta final mínima de 0.60 m de espesor.

**CONDUCTO DE VENTEO (CAPTADORES):** Estructuras de ventilación que permiten la salida de los gases producidos por la biodegradación de los residuos municipales

**CONTAMINACION DE AGUAS:** Alteración de las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar o su medio ambiente.

**CRETIP:** El código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y que significan: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y patogenicidad.

**CUBIERTA FINAL:** El revestimiento de material natural o sintético que confina el total de las capas de que consta un relleno sanitario.

**DISPOSICIÓN FINAL:** La acción de depositar permanentemente los residuos sólidos en un lugar.

**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA):** Al conjunto de procedimientos administrativos, estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de una determinada obra, actividad o proyecto puedan causar sobre el medio ambiente.

Por otra parte todas las obras, actividades públicas o privadas, con carácter previo a su fase de inversión, deben contar obligatoriamente con la identificación de la categoría de evaluación de impacto ambiental que deberá ser realizada de acuerdo a los siguientes niveles:

- 1.- Requiere de EIA analítica integral.
- 2.- Requiere de EIA analítica específica
- 3.- No requiere de EIA analítica específica pero puede ser aconsejable su revisión conceptual.
- 4.- No requiere de EIA

**LODOS:** Residuos semi-sólidos generados en las fosas sépticas de viviendas, centros comerciales, oficinas o industrias y los producidos en las depuradoras comunales, industriales y comerciales de aguas, así como en las unidades de control de emanaciones atmosféricas.

**LIXIVIADO:** Líquido infiltrado y drenado a través de los residuos sólidos, y que contiene materiales en solución o suspensión.

**MONITOREO:** Actividad consistente en efectuar observaciones, mediciones y evaluaciones de carácter continuo en un sitio y período determinados, con el objeto de identificar los impactos y riesgos potenciales hacia el ambiente y la salud pública o para evaluar la efectividad de un sistema de control.

**PASIVO AMBIENTAL:** Para efecto del Reglamento General de Gestión Ambiental se entiende por pasivo ambiental:

- a) el conjunto de impactos negativos perjudiciales para la salud y/o el medio ambiente, ocasionados por determinadas obras y actividades existentes en un determinado período de tiempo;
- b) los problemas ambientales en general no solucionados por determinadas obras o actividades.

**RELLENO SANITARIO:** Obra de ingeniería para la disposición final segura de residuos sólidos en sitios adecuados y bajo condiciones controladas, para evitar daños al ambiente y la salud.

**RESIDUOS SÓLIDOS O BASURA:** Materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje.

**RESIDUOS ESPECIALES:** Son residuos de características muy diversas que se generan en el medio urbano y cuyas formas de recolección y tratamiento varían sustancialmente. Son los que se indican y definen a continuación:

- *Vehículos y electrodomésticos desechados:* Se incluyen aquí todos los vehículos cuya vida útil ha finalizado, y los electrodomésticos fuera de uso. La

misma, situación se presenta también en cualquier máquina clasificada como chatarra.

- *Llantas y neumáticos desechados*: Son residuos de llantas y neumáticos abandonados, así como desechos de su fabricación.
- *Residuos sólidos sanitarios no peligrosos*: Son aquellos residuos generados en la actividad de hospitales, clínicas, farmacias, laboratorios, veterinarias o en la actividad médica privada, docente y de investigación, que por sus características son asimilables a residuos domiciliarios.
- *Animales muertos*: Cadáveres de animales o partes de ellos
- *Escombros*: Residuos resultantes de la demolición o construcción de obras civiles.

**RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES:** Aquellos que se generan en las viviendas, parques jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios, actividades industriales, artesanales, comerciales y centros de investigación.

**SANEAMIENTO DE BOTADEROS:** Conjunto de acciones encaminadas a mitigar los efectos sobre el medio ambiente producidos por botaderos. Incluye actividades de cierre, control de lixiviados, biogás y erosión, estabilización de taludes, reforestación y, en general las técnicas de control ambiental utilizadas en el método de relleno sanitario.

### **2.1.2. Norma Boliviana NB 742**

Norma Boliviana con R.S. N° 383 de 28 de noviembre de 1996 del Ministerio de Desarrollo Humano Secretaria Nacional de Participación Popular, que establece los parámetros sobre los residuos sólidos.

Las presentes Normas tienen como objetivo fundamental regular y ordenar el diseño consecuentemente la planificación del manejo de los residuos sólidos, mejorando las condiciones del medio ambiente y por ende el bienestar y salud del pueblo boliviano.

Residuos sólidos -Terminología sobre residuos sólidos y peligrosos.

Descriptor: I C S 13.030 RESIDUOS SOLIDOS; que define los términos más empleados en las normas de residuos sólidos municipales y peligrosos.

### **2.1.3. Norma Boliviana 758**

Norma Boliviana con R.S. N° 383 del 28 de noviembre de 1998, que establece: MEDIO AMBIENTE - Características, listados y definición de los residuos peligrosos y de bajo riesgo.

Las presentes Normas Técnicas de Residuos Sólidos elaboradas por la Dirección Nacional de Saneamiento Básico de la Secretaria Nacional de Participación Popular, constituye uno de los instrumentos normativos más importantes para lograr los objetivos y metas planteadas en el aspecto institucional dentro del marco de las políticas del Plan Nacional de Saneamiento Básico.

Esta Norma, tiene por objeto definir las características de los residuos peligrosos, no peligrosos y de bajo riesgo, así como los criterios para su identificación.

Las presentes Normas tienen como objetivo fundamental regular y ordenar el diseño consecuentemente, la planificación del manejo de los residuos sólidos, del pueblo boliviano.

#### **2.1.4. Norma Boliviana 760**

La presente Norma, tiene como objeto proteger el medio ambiente y la salud, estableciendo los requisitos a los que deberán ajustarse el diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario.

Esta Norma, es de observancia obligatoria, para quien se responsabilice del diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario.

En cuanto al Cierre y uso final del sitio, esta norma indica lo siguiente:

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

##### **- Conformación final**

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

- **Estabilidad de taludes**

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

- **Mantenimiento**

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

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

- **Monitoreo y control de contaminantes**

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

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

- **Uso final del sitio**

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

## **2.2. Marco Conceptual.**

### **2.2.1. Relleno Sanitario.**

El Relleno Sanitario de Villa Ingenio (RSVI), es el predio perteneciente al Municipio de El Alto, donde se ha venido efectuando el depósito de los residuos sólidos RR.SS. generados en esta ciudad desde el año 1996; aunque recién, en los últimos años se ha practicado parcialmente el método de relleno sanitario para la disposición final, por la Empresa COLINA S.R.L., actualmente operadora del Relleno Sanitario de Villa Ingenio, mediante adjudicación de la licitación pública nacional Ip/cpn-o/019/07.

Los objetivos de la Concesión son los siguientes (Gobierno Municipal del Alto Dirección de Licitaciones y contratos de noviembre de 2007):

- a) Operar técnica, sanitaria y ambientalmente el Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio o de otros autorizados por el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, en el marco de la legislación ambiental vigente;
- b) Desarrollar e implementar proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio para reducir y aprovechar las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI);
- c) Atraer inversión privada y generar dinámicas económicas de gestión de residuos sólidos de impacto en el Municipio de El Alto;
- d) Preservar el ambiente y la salud pública, así como de promover la utilización de tecnologías que permitan hacer el seguimiento, control y mitigación de factores ambientales afectados.

La deficiente calidad en el manejo del RSVI ha motivado que la Comunidad “El Ingenio”, asentamiento humano más próximo, haya expresado frecuentes reclamos ante las autoridades municipales, llegando al extremo de adoptar

medidas de presión a fin de obtener adecuada solución al sin número de molestias que les ocasiona. Por otra parte, la Autoridad Ambiental Competente (AAC), ha extendido reiteradas conminatorias, exigiendo la elaboración del correspondiente Manifiesto Ambiental. Finalmente, la Empresa Municipal de Aseo de El Alto (EMALT), ha advertido que por la capacidad del terreno donde se encuentra dicho emplazamiento, está muy próxima a concluir su vida útil. En consecuencia el Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, ha dispuesto iniciar acciones que posibiliten su clausura definitiva, aspecto que lo considera de prioridad.

Los riesgos por el manejo inadecuado de los desechos sólidos urbanos, pueden ser directos; porque atentan contra la salud de las personas que están en contacto directo con la "basura", siendo las más expuestas a estos riesgos, los recolectores y recicladores; e indirectos; porque afectan al público en general; ellos originan la proliferación de vectores de enfermedades, tales como insectos y roedores, que encuentran en los desechos sólidos su alimento y las condiciones adecuadas para su reproducción. Así mismo, la "basura" sirve como alimento de animales (cerdos, aves, etc.), práctica no recomendable como disposición final; porque, se corre el riesgo de deteriorar la salud pública, porque el consumo de cerdos alimentados con basura causa enfermedades, como la triquinosis, cisticercosis, etc. Por lo tanto, el problema de los desechos sólidos es un problema de salud. El manejo inadecuado de los desechos sólidos urbanos e industriales, perjudica la salud pública y causa contaminación ambiental (Sakurai, 1980; Aquino et al., 1989).

### **2.2.2. Residuos Sólidos.**

En la Reglamentación de la ley nº 1333 del medio ambiente Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos, indica al respecto a los residuos sólidos, considerados como factor susceptible de degradar el medio ambiente y afectar la salud humana.

Tiene por objeto establecer el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el aprovechamiento de los mismos mediante la adecuada recuperación de los recursos en ellos contenidos.

El presente Reglamento adopta la clasificación de los residuos sólidos, denominado Clasificación Básica de Residuos. Sólidos, según su Procedencia y Naturaleza.

En el presente Reglamento se aplica a los residuos comprendidos en las clases A, C, D, F, y la subclase E.3. Los residuos comprendidos en las clases B, G y en las sub-clases E.1, E.2, E.4, E.5, E.6, del mismo cuadro deberán recibir un manejo separado del sistema regular de aseo urbano, sujetándose también a tasas especiales conforme a la reglamentación de los gobiernos municipales.

Para efectos del presente Reglamento, se tiene las siguientes definiciones:

**RESIDUOS AGRICOLAS:** Residuos sólidos producidos como resultado de actividades agrícolas.

**RESIDUOS BIODEGRADABLES:** Son materiales que pueden ser transformados por microorganismos.

**RESIDUOS COMERCIALES, DE SERVICIOS E INSTITUCIONALES:** Son los generados en las distintas actividades de comercio y de prestación de servicios; incluyen los residuos sólidos de instituciones públicas y privadas.

**RESIDUOS DE LIMPIEZA DE AREAS PUBLICAS:** Son los residuos sólidos procedentes de la actividad de limpieza de los espacios de convivencia y uso general de la población.

**RESIDUOS DOMICILIARIOS:** Son residuos sólidos producto de la actividad doméstica, que son adecuados por su tamaño para ser recogidos por los servicios municipales convencionales.

**RESIDUOS FORESTALES:** Son los residuos provenientes de la explotación de especies maderables y de jardinería.

**RESIDUOS GANADEROS:** Son los residuos sólidos producidos como resultado de la crianza de ganado.

**RESIDUOS INDUSTRIALES ASIMILABLES A DOMICILIARIOS:** Son residuos que se producen prácticamente sin excepción en todas las industrias y que por sus características pueden ser tratados conjuntamente con los residuos domiciliarios.

**RESIDUOS METALURGICOS:** Son los producidos en plantas de fundición o refinación de metales.

**RESIDUOS MINEROS:** Son producto de la extracción y explotación de minerales.

**RESIDUOS NO BIODEGRADABLES:** Son materiales que resisten la acción transformadora de los microorganismos.

**RESIDUOS PELIGROSOS:** Son aquellos que conllevan riesgo potencial al ser humano o al ambiente, por poseer cualquiera de las siguientes características: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad, bioinfecciosidad, radiactividad, reactividad y toxicidad.

**RESIDUOS VOLUMINOSOS:** Son aquellos de origen doméstico, que debido a sus dimensiones no son adecuados para ser recogidos por los servicios municipales convencionales.

**RESIDUOS SÓLIDOS O BASURA:** Materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje.

**RESTOS DE MATADEROS:** Son los residuos generados en la faena de animales, particularmente mataderos.

En los últimos años, la generación de residuos sólidos en el municipio de El Alto ha superado las 450 toneladas diarias. Aproximadamente, el 80% corresponde a residuos domiciliarios y el 20% restante a residuos asimilables a domiciliarios provenientes de otras fuentes como la industria, el comercio, instituciones, establecimientos de salud, barrido de vía pública y otros. Se estima que la producción per cápita oscila alrededor de 0.4 kg/hab./día.

La composición física media de los residuos domiciliarios reporta fundamentalmente un 50% de materia orgánica. El resto, comprende residuos reciclables (fibra, plásticos, vidrio, metales y otros) además de material inerte en

el cuadro1se muestra la naturaleza de los residuos sólidos generados en la ciudad de El Alto de La Paz.

**Cuadro1:** Naturaleza de los residuos sólidos de la ciudad de El Alto de La Paz

<b>Naturaleza de los Residuos Sólidos en el R.S.V.I.</b>	<b>Porcentaje en Peso %</b>
<b>Materia orgánica</b>	<b>50.37</b>
<b>Papel y cartón</b>	<b>8.64</b>
<b>Plásticos</b>	<b>5.56</b>
<b>Vidrio</b>	<b>1.55</b>
<b>Metales</b>	<b>1.04</b>
<b>Otros</b>	<b>32.84</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** Estudio de caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios El Alto (ASEAM/GTZ – EMALT, 1998)

Por otra parte, el servicio de recolección tiene una eficiencia que actualmente alcanza a 90%, por lo que en promedio ingresan al RSVI, 450 toneladas diarias de residuos sólidos para someterse al proceso de disposición final.

### **2.2.3. Disposición Final de Residuos Sólidos.**

El actual sitio de disposición final de residuos sólidos, ubicado en la zona de Villa Ingenio inicia operaciones el año 1996, como consecuencia de la implementación del Proyecto elaborado por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional el año 1990.

Por otra parte, el 28 de noviembre de 1996, la entonces Secretaría Nacional de Participación Popular dependiente del Ministerio de Desarrollo Humano aprobaba la vigencia del conjunto de normas bolivianas comprendidas entre NB

742 a NB 760 referidas a la gestión de residuos sólidos, mediante Resolución Secretarial N° 383. Al respecto, el GAMEA efectuó esfuerzos durante el primer año para ejecutar el método de relleno sanitario de acuerdo al proyecto inicial, pero debido al cambio de autoridades del GAMEA y del primer Directorio de EMALT, además de la falta de planificación y recursos humanos capacitados, en gestión de residuos sólidos, el proyectado relleno sanitario de Villa Ingenio fue progresivamente convertido en un botadero.

Debido a las condiciones precarias en la que actualmente se encuentra el RSVI, y a las condiciones extremas de riesgo que pueden degenerar en una contaminación ambiental, y fundamentalmente por precautelar la salud de la población del municipio de El Alto, el H. Consejo Municipal de acuerdo a Ordenanza N° 103/2007, ha resuelto declarar en emergencia ambiental a la ciudad de El Alto, con el propósito de reducir al mínimo los riesgos, garantizando el Cierre del Relleno Sanitario conforme a la Resolución del Directorio de EMALT N° 017/07.

Para favorecer a la optimización y ampliación de la competencia en la prestación de los servicios de Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio, se concesionará todas las operaciones que comprenden el Cierre y Mantenimiento Post Clausura del RSVI. En este entendido y en virtud a la declaratoria de emergencia ambiental, el GMEA ha visto por conveniente convocar a empresas legalmente constituidas en el país, con experiencia en el rubro y que se encuentren técnica y económicamente capacitadas para brindar un servicio adecuado, incorporando las mejoras en equipamiento, maquinaria e infraestructura que se consideran necesarias y que se encuentran contempladas en el presente Documento Base de Contratación y permitan mejorar el manejo técnico, ambiental y sanitario del Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio.

Licitación que fue adjudicada por la Empresa COLINA S.R.L., actual Empresa operadora del R.S.V.I., la cual viene realizando un manejo técnico adecuado del manejo del relleno de Villa Ingenio hasta la fecha.

#### **2.2.4. Sistema de recolección y disposición de lixiviados.**

Lixiviado: Líquido resultante del proceso de disolución de los metales, por efecto de la lluvia y agentes químicos y/o biológicos. (LLampa, F.; Guancollo, R.; UMSA. 2003).

Lamentablemente, no se disponía de información técnica oficial acerca de los volúmenes recolectados de lixiviados ni el tratamiento que se les ha aplicado a estos líquidos que han drenado a través de los residuos sólidos.

Por lo general, los lixiviados contienen componentes solubles y materiales en suspensión, producidos ya sea, por la descomposición de los residuos en el sitio de disposición final o por el ingreso de drenaje superficial (lluvia, nevada o deposición de granizo) al mismo.

En el RSVI, no existía un sistema adecuado de recolección y conducción de lixiviados. En los últimos años, se han construido instalaciones para colección, conducción y tratamiento o recirculación de aguas residuales y lixiviados; conductos interiores con tubos de PVC de 4" perforados, cubiertos con piedra y yute en su parte superior (en algún caso con polietileno) y tierra, condiciones suficientes para evitar la infiltración en el suelo.

Debido a la excesiva acumulación con frecuencia se producían derrames, que se acentuaban en época de lluvias y fines de semana cuando no está presente el personal que se encarga del manejo de lixiviados.

Precisamente, el derrame de lixiviados se conducían hacia la ligera quebrada que en época de lluvias ha desarrollado el río Challhuan Jahuirá y que atraviesa terrenos de los comunarios y vecinos asentados en sus proximidades.

Nunca se ha aplicado de manera formal sistema alguno de tratamiento y como medio de control, se ha practicado la recirculación de lixiviados sobre el cuerpo del depósito fresco de residuos sólidos, con la finalidad de disminuir significativamente el volumen total y de alguna manera su agresividad.

Hasta que COLINA S.R.L., como establece el contrato efectuó el sub proyecto de una Planta de Tratamiento de Lixiviados; que trata un promedio de 20 litros de lixiviado por día, en un proceso físico y químico.

#### **2.2.4.1. Resultados reportados por SGS Bolivia S.A. (Societe General de Surveillance) de análisis de lixiviados.**

Los datos presentados por parte de SGS Bolivia S.A. del análisis de lixiviados del R.S.V.I. se detallan en el cuadro No 2, además del análisis comparativo al Cuadro N° 1 y anexo 2 del RMCH de la Ley 1333 del Medio Ambiente.

**Cuadro 2:** Resultados de comparación con los anexos del R.M.C.H. (lixiviados)

C y M R.S.V.I.								
Nº	Parámetros	Unidad	Punto de muestreo	Resultado	Clase Cuadro A-1	Parámetros de descarga Anexo A2		Cumple
						Diario	Mes	
1	pH a 25 °C	Unid pH	Drenaje	7,6	Clase A	6.9		Si
2	CND a 25 °C	µS/cm	Drenaje	33000.0				
3	Oxígeno Disuelto	mgO <sub>2</sub> /l	Drenaje	0,05	Clase D			
4	<b>DBO5</b>	mgO <sub>2</sub> /l	Drenaje	20318	<b>No</b>	<b>80</b>		<b>No</b>
5	<b>DQO</b>	mgO <sub>2</sub> /l	Drenaje	54861	No	250		No
6	Cu	mg/l	Drenaje	0,04	Clase A			
7	<b>Fe</b>	mg/l	Drenaje	125,0	No	1	5	No
8	Pb	mg/l	Drenaje	0,13	Clase A	0.6	0.3	Si
9	Hg	mg/l	Drenaje	<0,001	Clase A	0.002	0.001	Si
10	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	Drenaje	<0,05	Clase A	0.1	0.05	Si
11	N-NH <sub>4</sub>	mg/l	Drenaje	1020,42				
12	NO <sub>2</sub>	mg/l	Drenaje	0,99	Clase D			
13	NO <sub>3</sub>	mg/l	Drenaje	0,33	No			

**Fuente:** Informe de SGS Bolivia S.A. (2011)

En el cuadro No 2, se puede observar que los parámetros DBO5, DQO, y fe no cumplen con lo establecido en el Anexo A-1 y A-2 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333. En cambio los parámetros pH, Pb, Hg, Cr6 cumplen con los parámetros establecidos en esta norma.

**2.2.4.2. Resultados reportados por SGS Bolivia S.A. (Societe General de Surveillance) de análisis de lixiviados sometido a tratamiento por parte de COLINA SRL.**

**Cuadro 3:** Resultados de comparación con los anexos del R.M.C.H.  
(Planta de Tratamiento R.S.V.I.)

<b>Cierre y Mantenimiento RSVI</b>								
Nº	Parámetros	Unidad	Punto de muestreo	Resultado	Clase Cuadro A-1	Parámetros de descarga Anexo A2		Cumple
						Diario	Mes	
1	pH a 25 °C	Unid pH	P.T.	7,8	Clase A	6.9		Si
2	CND a 25 °C	µS/cm	P.T.	26300.0				
3	Oxígeno Disuelto	mgO <sub>2</sub> /l	P.T.	0,03	Clase D			
4	<b>DBO5</b>	mgO <sub>2</sub> /l	P.T.	11773	No	80		No
5	<b>DQO</b>	mgO <sub>2</sub> /l	P.T.	31789	No	250		No
6	Cu	mg/l	P.T.	<0,01	Clase A			
7	<b>Fe</b>	mg/l	P.T.	2,79	No	1	5	No
8	Pb	mg/l	P.T.	0,02	Clase A	0.6	0.3	Si
9	Hg	mg/l	P.T.	<0,001	Clase A	0.002	0.001	Si
10	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	P.T.	<0,05	Clase A	0.1	0.05	Si
11	N-NH <sub>4</sub>	mg/l	P.T.	559,20				
12	NO <sub>2</sub>	mg/l	P.T.	1,56	Clase D			
13	NO <sub>3</sub>	mg/l	P.T.	0,52	No			

**Fuente:** Informe de SGS Bolivia S.A. (2011)

El cuadro 3 presenta las características de los lixiviados luego de ser sometidos a un proceso de tratamiento, por la Planta de Tratamiento del R.S.V.I.

Si bien los parámetros, evaluados en cuanto se refiere al DBO5, DQO y Fe; no cumplen con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente, sin embargo se puede afirmar que estos redujeron su nivel contaminante. Como se

puede ver los niveles de DBO5 y DQO disminuyeron significativamente en comparación a las muestras obtenidas de los drenajes de lixiviados, esto se justifica debido a que los procesos de tratamiento aplicados sobre los lixiviados paulatinamente alcanzan su objetivo principal.

### **2.2.5. Captación de biogás.**

El biogás es una mezcla de sustancias gaseosas – metano y dióxido de carbono, principalmente proveniente de la descomposición aeróbica y anaeróbica de los residuos biodegradables (Roben Eva, 2002).

Entiéndase por AERÓBICO: Al proceso bioquímico que requiere oxígeno libre (Art. 9 RGRS), ANAERÓBICO: Al proceso bioquímico que no requiere oxígeno libre (Art. 9 RGRS).y por ultimo RESIDUOS BIODEGRADABLES: Son materiales que pueden ser transformados por microorganismos (Art. 9 RGRS).

La NB 760, de observancia obligatoria para quien se responsabiliza del diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario, establece que para el sistema de extracción de biogás, se deben instalar estructuras verticales de por lo menos 60 cm de diámetro.

El biogás generado en el RSVI, es conducido por estructuras verticales de tubo de PVC de 4", hasta la superficie, donde se instala una (chimenea) para facilitar la combustión, protegido por una cubierta metálica (turril en desuso).

En total se observa la presencia 27 captadores de biogás en la macro celda No 1 del R.S.V.I. de los cuales 22 queman biogás, para disminuir la emisión de monóxido de carbono a la atmósfera, todos señalizados.

En sectores donde el relleno ha alcanzado la cota superior, los captadores no contaban con instalaciones terminales metálicas o “chimeneas” o “biocaptadores”; condición que actualmente la Empresa Operadora mejoro con la instalación total de los quemadores metálicos.

Por otra parte, el biogás que no se conduce a través de captadores, simplemente fuga a través de las múltiples grietas existentes en las plataformas y taludes del depósito de residuos sólidos; en consecuencia, volúmenes indeterminados de biogás se están emitiendo a la atmósfera.

#### 2.2.5.1. Análisis del Biogás del R.S.V.I. presentado por IIDEPROQ.

Los datos presentados por parte de IIDEPROQ se detallan a continuación en el cuadro siguiente tabla:

**Cuadro 4:** Resultados de la composición y generación de biogás, Chimenea - 9

<b>C y M RSVI</b>			
<b>Nº</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>AB - M1 – Ch9</b>
1	CH4	%(Vol.)	16.95
2	CO2	%(Vol.)	13.95
3	Otros gases	%(Vol.)	69.39
4	Flujo	m3/hrs	0.89
5	Explosividad	%	100

**Fuente:** Informe del IIDEPROQ (2010)

Estos datos indican que la generación o extracción del biogás del sector es de concentración y explosividad máxima, esto se debe básicamente a la concentración de metano, esto principalmente a:

- Condiciones óptimas de captación de biogás.
- El quemador se encuentra ubicado en la plataforma (área A), cubriendo todos los niveles de conformación final.

### **2.2.6. La ciudad del Alto.**

La ciudad de El Alto, es capital de la 4ta. Sección municipal de la Provincia Murillo del departamento de La Paz, en virtud a la Ley N° 651 de su creación, promulgada en fecha 6 de marzo de 1985.

Su territorio se ubica en el interior del cuadrante circunscrito por las coordenadas establecidas por la Ley N° 2337 de 12 de marzo de 2002, “Demarcación territorial ciudad de El Alto. 4ta. Sección de la provincia Murillo”:

NORTE: de 8 161 000 a 8 182 000 y

ESTE: de 575 000 a 590 000

de la Proyección UTM, establecida en el Sistema Elipsoidal PSAD – 56.

Limita al Norte y al Este con el municipio de La Paz; al Sur con el municipio de Viacha, capital de la provincia Ingavi y al Oeste con Laja, 2da. Sección de la provincia Los Andes.

El Municipio se ubica en la meseta altiplánica, a 4.050 m.s.n.m., por tanto el clima es frío y seco, con temperaturas medias inferiores a 0 °C en invierno y 21 °C en verano. Los vientos son permanentes y fríos.

Gran parte de su territorio es prácticamente plano, con pendiente de NE a SO que varían entre 0.5 y 2%, conformando una topografía con problemas de escurrimiento de aguas pluviales. Los ríos Seco y Seque, son los principales de la ciudad.

### **III. SECCION DIAGNOSTICA.**

Para realizar el diagnostico en el presente trabajo dirigido se consideraron los siguientes aspectos relevantes.

- a) Estudio del área de intervención.
- b) Pruebas de infiltración.
- c) Descripción de la Flora.
- d) Descripción de la Fauna.
- e) Socioeconómico.

#### **3.1. Materiales y Métodos.**

Para evaluar los 4 indicadores del diagnostico se considero los siguientes indicadores:

##### **3.1.1. Estudio de área de intervención.**

###### **a) Localización y ubicación**

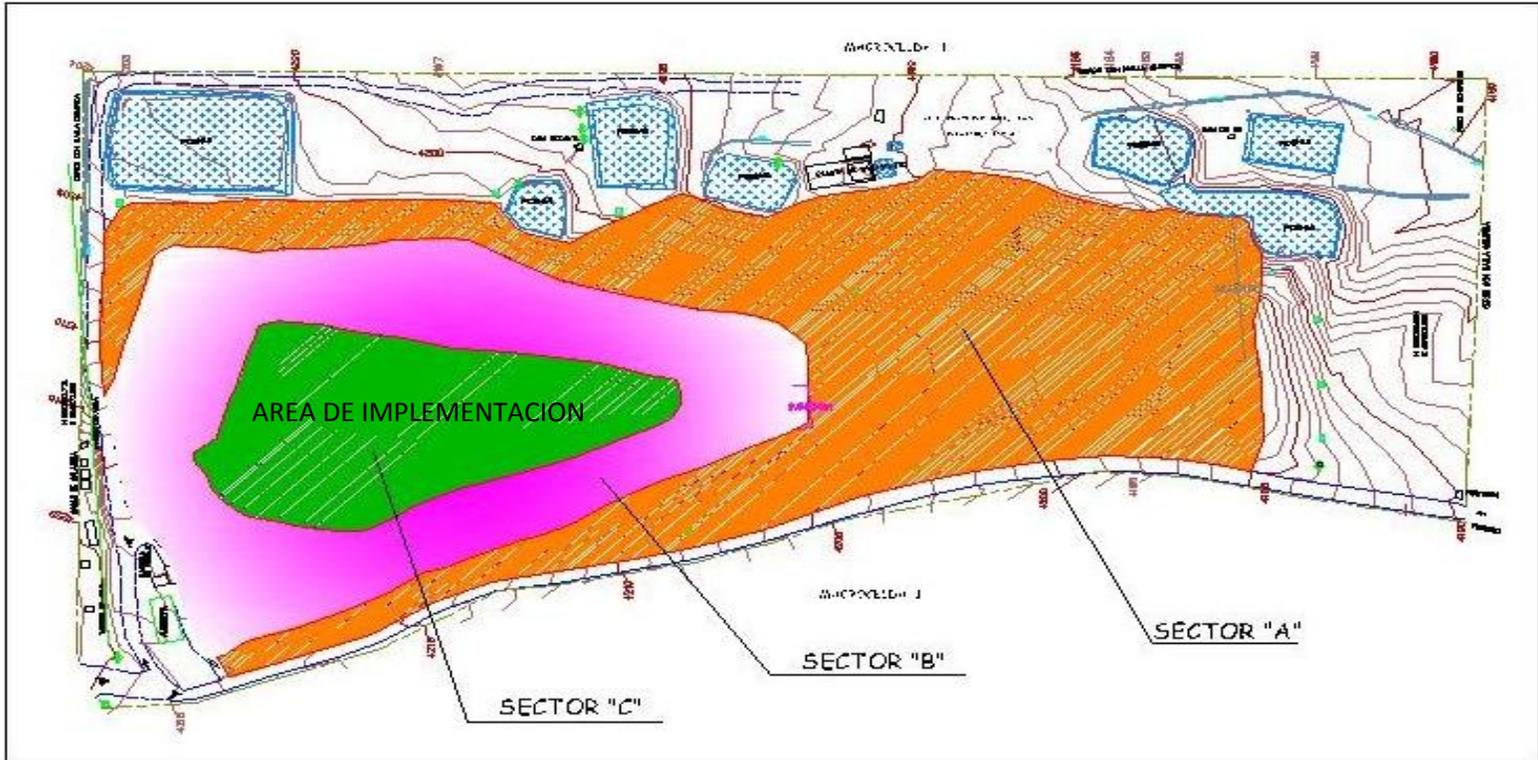
El área de estudio comprende el sector “C” de la macro celda No 1 del Relleno Sanitario de Villa Ingenio, que actualmente se halla en fase de cierre, ubicada en la ciudad de El Alto, La Paz.

La deficiente calidad en el manejo del RSVI ha motivado que la Comunidad “El Ingenio”, asentamiento humano más próximo, haya expresado frecuentes reclamos ante las autoridades municipales llegando al extremo de adoptar medidas de presión a fin de obtener adecuada solución al sin número de molestias que les ocasiona.

Finalmente, la Empresa Municipal de Aseo de El Alto EMALT, ha advertido que por la capacidad del terreno donde se encuentra dicho emplazamiento, está muy próxima a concluir su vida útil. En consecuencia el Gobierno Autónomo

Municipal de El Alto (GAMEA), ha dispuesto iniciar acciones que posibiliten su clausura definitiva, aspecto que lo considera de prioridad.

**Grafico No 1:** Localización de la zona de estudio y área de implementación



**Fuente:** Elaboración propia en base Levantamiento Topográfico de COLINA SRL

## b) Características de la zona de estudio

La zona de intervención, se halla en el sector "C" de la macro celda No1 del Relleno Sanitario de Villa Ingenio; que actualmente se encuentra en Fase de Cierre; en la cual la Empresa operadora COLINA S.R.L. viene realizando las actividades de Cierre y Mantenimiento del R.S.V.I.

- **Drenaje fluvial**

Los operadores de la Empresa encargada de la disposición final de RR.SS. han efectuado obras de drenaje para el escurrimiento de aguas pluviales, tanto sobre la plataforma del área de estudio, sector "C" como al pie de los taludes de todo

el sitio, siguiendo el curso de las pendientes naturales y la topografía del lugar. Algunos canales son simplemente excavaciones en el terreno, mientras que otros fueron construidos empleando piedra y grava. Sin embargo, por falta de mantenimiento, varios de ellos en los sectores N y E se encuentran obstruidos, con el riesgo de que no lleguen a cumplir su función cuando se lo requiera.

- **Agrietamientos y asentamientos**

En las banquinas y taludes de los lados E y N, existen asentamientos de terreno, conformando hondonadas propicias para la acumulación de aguas de lluvia y la consiguiente infiltración al depósito. Asimismo, la existencia de agrietamientos, permiten por una parte la fuga de biogás hacia la atmósfera y por otra, la infiltración de las aguas de precipitación y escurrimiento superficial, incrementando la generación de lixiviados. En algunos casos, se ha cubierto con tierra a manera de reparar y nivelar tales deficiencias.

- **Recursos naturales suelos**

Respecto a la capacidad de uso mayor de tierra, certificada por el Dictamen Técnico 02-01/00115 de la Superintendencia Agraria, la zona comprendida en las coordenadas 582000-587000 E y 8179000-8184000 N se halla clasificada como llanura fluvio – glacial norte de El Alto y ofrece aptitud para ganadería pastoreo extensivo: “paisaje de piedemonte ligeramente ondulado, disección baja con cobertura de pastizales naturales densos, suelos moderadamente profundos a profundos con abundante grava en la superficie, clima muy frío moderadamente seco, suelos moderadamente bien drenados, baja fertilidad natural, se debe evitar el sobrepastoreo y mejorar la cobertura vegetal natural bajo manejo sostenible”.

Como usos alternativos, tan sólo se destaca la baja aptitud para actividades agropecuarias en cultivos anuales extensivos y plantaciones forestales de especies naturales.

El uso del suelo prácticamente está caracterizado por practicar la ganadería de ovinos y camélidos, pocos vacunos. Aunque en laderas expuestas al norte y noreste del tramo altitudinal inferior de este piso, se cultivan papas y algo de cebada, fundamentalmente.

Por otra parte, la relación clima – suelo, evaluada por el Índice de Gasparín, determina un valor promedio de 0.2 que corresponde a MUY SECO y en consecuencia no apto para cultivos, (Navarro & Maldonado 2002).

### **3.1.2. Pruebas de Infiltración.**

La propuesta de cierre conlleva una serie de pruebas de infiltración y permeabilidad para realizar una propuesta de impermeabilización a ser aplicada en el área de estudio, con diferentes materiales como:

Geotextil, humus, turba, tierra del lugar, semilla, cámara fotográfica.

La disposición y forma de estratos se basaron en pruebas de infiltración basada en recomendaciones de la empresa, las que serán descritas en los aspectos propositivos del presente estudio.

Los materiales utilizados para las pruebas fueron:

Baldes de plásticos de 20 litros de capacidad, transparentes con sistema de descarga manual, material drenante (cascajo de 3cm de diámetro), tierra abonada (tierra del lugar, humus y turba), proporcionado por COLINA SRL.

En la fotografía 1, se observa la distribución de la primera serie de ensayos en los baldes demostrativos, (numerados del uno al cinco romano); de la prueba de impermeabilización para el cierre del RSVI.



**Fotografía 1:** Distribución de la primera serie de ensayos

En la fotografía 2, se observa la primera carga de 5 litros de agua en los en los baldes demostrativos, de la prueba de impermeabilización para el cierre del RSVI.



**Fotografía 2:** Primera carga de agua (5 litros/balde) de la primera serie.

En la fotografía 3, se observa la segunda carga de 10 litros de agua en los en los baldes demostrativos, de la prueba de impermeabilización para el cierre del R.S.V.I.



**Fotografía 3:** Primera carga de agua (10 litros/balde) de la primera serie.

En la fotografía 4, se observa la distribución de la segunda serie de ensayos en los baldes demostrativos, (numerados del cinco al ocho romano); de la prueba de impermeabilización para el cierre del RSVI.



**Fotografía 4:** Distribución de la segunda serie de ensayos.

En la fotografía 5, se observa la primera carga de 5 litros de agua en los baldes demostrativos, de la prueba de impermeabilización para el cierre del R.S.V.I.



**Fotografía 5:** Primera carga de agua (5 litros/balde) de la segunda serie de ensayos.

En la fotografía 6, se observa la segunda carga de 10 litros de agua en los en los baldes demostrativos, de la segunda serie de la prueba de impermeabilización para el cierre del R.S.V.I.



**Fotografía 6:** Segunda carga de agua (10 litros/balde) de la segunda serie con el ensayo (I) de testigo.

En la fotografía 7, se observa el comportamiento del ensayo VI; similar al ensayo (I) de la primera serie de la prueba de impermeabilización para el cierre del R.S.V.I.



**Fotografía 7:** Detalle del comportamiento del ensayo (VI), replica del ensayo (I)

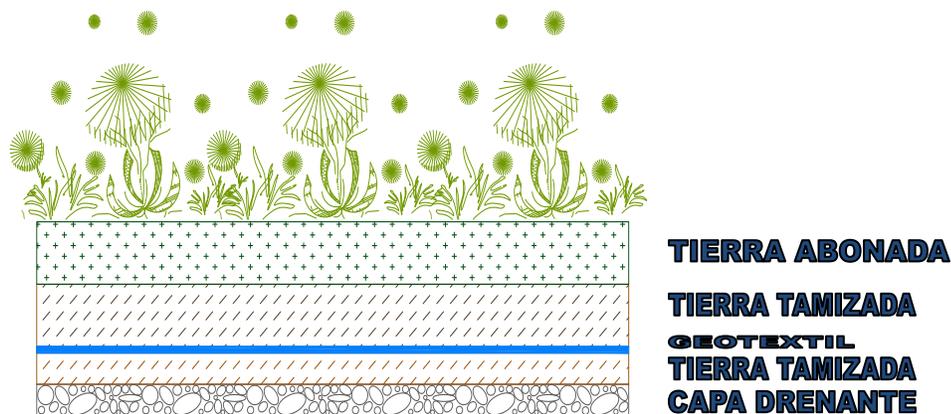
En las fotografías 8 y 9 se observa el mismo comportamiento del ensayo (I) y ensayo (VI) que demuestran la mayor impermeabilidad que presenta la distribución de estratos; en la prueba de impermeabilización para el cierre del R.S.V.I.



**Fotografía 8 y 9:** Comportamiento similar del ensayo (I),y el ensayo (VI)

En la figura 1, se muestra la mejor distribución de estratos obtenidos en las pruebas realizadas para la impermeabilización del RSVI

En su comportamiento muestra claramente una menor cantidad de agua infiltrada en su estructura; debido a la gran capacidad de retención de líquidos que presenta esta distribución de estratos, que le otorga la propiedad permeable conjuntamente al geotextil, configuración de estratos recomendada para ser implementada en la zona de estudio para su posterior aplicación en toda la Macro celda 1 del R.S.V.I.



**Figura 1:** Distribución de estratos según el resultado encontrado en los ensayos de impermeabilización para el cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio.

### 3.1.3 Descripción de la flora.

Según el Herbario Nacional de Bolivia y del Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP, no se han efectuado estudios específicos de flora en el área delimitada con las coordenadas 582000-587000 E y 8179000-8184000 N. SERNAP tiene información sobre flora en áreas protegidas de interés nacional y el RSVI no está comprendida en alguna de ellas.

Típicamente el RSVI corresponde al piso ecológico Alto andino. Este piso se refiere a la zona por encima del límite de crecimiento de los árboles y arbustos altos, donde es frecuente la alternancia de heladas y donde las precipitaciones caen muchas veces en forma de nieve, la cual no permanece mucho tiempo.

La vegetación se caracteriza por una cubierta de praderas, donde predominan gramíneas bajas como *Calamagrostis minima*, cojines punzantes como *Aciachne pulvinata* y cojines suaves de *Pycnophyllum*. En áreas sobre pastoreadas y erosionadas se ven pequeñas matas de Hiru ichu (*Stipa ichu*) y también predomina *Festuca dolichophylla* (fotografía 10).



**Fotografía 10:** Especies vegetales típicas del piso alto andino Hiru ichu (*Stipa ichu*) y también predomina *Festuca dolichophylla*.

En las zonas de turberas se presentan bofedales, que se caracterizan por ser ambientes que se constituyen alrededor de arroyos y manantiales, en lugares planos y hasta en pendientes de las laderas. Predomina la vegetación cojines como *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa* y *Oxychloe andina*, *Werneria pygmaea* asociados a gramíneas y otras como ser *Scirpus* y *Juncus*.

Al efectuarse el recorrido en los alrededores del RSVI a principios de la época húmeda, la vegetación está compuesta de manera general por pajonales (densos y abiertos), con presencia de césped homogéneo y muy disperso

Durante la estación de verano, se evidencia la presencia de th`olas (*Bacharis spp.*) en estado reproductivo (flor y fruto) dispersas en los alrededores de crecimiento reducido y pequeñas hierbas en roseta como sillu sillu (*Lachemilla pinnata* Ros.), especies de la familia Compositae, Junacacea, Geraniacea entre otros.

Se efectuaron observaciones en los siguientes sectores:

**Sector 1. Al norte del RSVI camino a Cochapampa hasta un km de distancia.**

En todo el paisaje se aprecian “pastos” o “pajonales” de Ichu (*Stipa ichu*), entremezcladas *Festuca sp.*, *Poa anua*, *Calamagrostis sp.*, siki (*Hypochoeris melleni*), Huaricoca (*Pycnophyllum sp.*), *Plantago sp.*, *Geranium sp.*, *Nototriche flabellata*, sillu sillu (*Lacehmillia pinnata* Ros.) ésta última es más abundante conforme se desciende al sector 2.

En el descenso se aprecian muchas especies de la familia Compositae en flor, reconociendo a los géneros *Perezia sp.*, *Bacharis spp.*, *Viola sp.* a manera de hierbas y pequeños arbustos.

Esta ladera se encuentra combinada con cultivos de papa (*Solanum sp.*), cebadilla o cebada (*Bromus sp.*) una de las actividades de la población cercana. También se encuentran cojines duros de *Junellia sp.* (Verb.) en flor, de *Gentiana sp.*, mezcladas con pequeñas Juncaceas.

## **Sector 2. Alrededor de la vertiente y corriente mayor del río Challhuan Jahuira.**

En este sector, el sustrato cambia notoriamente a negruzco indicando mayor cantidad de humus y los cultivos encontrados de papa y cebada se encuentra en mejor estado de crecimiento que los del sector 1.

Próximo al bofedal más cercano y a la vertiente es evidente que la vegetación se encuentra más desarrollada en tamaño permaneciendo las especies del sector 1 mencionadas anteriormente, sumándose la presencia de hongos.

Sin embargo la calidad del agua observada (llena de residuos de aceite y de hierro) no permite en las paredes de las vertientes proliferar a los musgos que forman parte de la caracterización de los bofedales, así mismo la presencia de especies acuáticas es inexistente.

Existe un bofedal pequeño de 6 m por 4 m aproximadamente en ella percibimos cojines duros de *Distichia sp* y *Plantago sp*, entremezclado con hierbas pigmeas de *Gentiana*, *Werneria sp*, una gramonoide del género *Luzula sp*.

## **Sector 3. Exactamente debajo del Relleno Sanitario de Villa Ingenio a una distancia aproximada de 300 m.**

En las faldas del RSVI se observa que los “pastos” se encuentran más dispersos entre si y su crecimiento es reducido o raquitiforme. Donde las t´holas que caracterizan este lugar son escasas y presentan coloraciones poco comunes (rojizas a negruzcas) que posiblemente se deban a la contaminación de las vertientes y agua subterránea.

Se aprecian continuos de *Lachemilla pinnata* Ros, que predomina entre los pastos y aparece una leguminosa espinosa *Adesmia sp.*, además de predominar *Calamagrostis tricophylla* (Gram.) y especies de la familia Compositae.

En zonas donde se ha presentado anteriormente filtración y afloración de lixiviados prácticamente no existe vegetación. Se han formado espacios que se han transformado en terrenos áridos y contaminados.

#### **Sector 4. Quebrada del río Seque al sur oeste del Relleno.**

La quebrada Seque presenta una cantidad apreciable de t´holas y de líquenes (*Thamolia vermicularis*) además de pastos típicos (*Stipa sp.*, *Calamagrostis sp.*, *Festuca sp.*) permanece entre los pastos, el sillu sillu, *Gentiana sp.*, *Geranium sp.* (Geran.) y *Gentianella sp.* (Gent.).

#### **Sector 5. Área “A” sobre el cuerpo del RSVI.**

En su superficie se han practicado siembras con pastos del lugar: *Stipa sp.*, *Calamagrostis sp.*, *Festuca sp.* y T´holas en poca cantidad.

La finalidad de tal revegetación fue intentar restablecer un área con fines recreativos, misma que se realizó parcialmente ya que existen áreas (de acuerdo al diseño de caminos internos similares al de un parque) muy amplias dejando al descubierto terreno que se ve influenciado con la lluvia y en consecuencia, su infiltración hacia el cuerpo de los sólidos depositados.

De manera general el área del Relleno Sanitario permite reconocer las especies típicas del piso Alto andino, no habiéndose encontrado especies raras, endémicas o que presenten cierto grado de amenaza poblacional.

Predominan en la zona los pastos de *Stipa ichu*, *Clamagrotis sp*, arbustos de *Bacharis sp.*, hierbas como ser: *Plantago tubulosum*, *Lachemilla pinnata*, *Distichia sp.* y *Juncus sp.*

Cabe notar que en este hábitat la población de las especies se ve seriamente afectada, mientras más cercanos se encuentren al RSVI. Asimismo los residuos que se han dispersado en años anteriores desfavorecen totalmente los ciclos naturales de este ecosistema.

### **3.1.4 Descripción de la Fauna.**

Según el SERNAP no existen estudios específicos de fauna en el terreno delimitado con las coordenadas: 582000-587000 E y 8179000-8184000 N. como anteriormente se indico.

A tiempo de realizar el recorrido de los sectores arriba mencionados se observó la presencia de animales o de posibles espacios de anidación.

De la misma manera se buscaron rastros de heces fecales y huellas que sean indicadores de su presencia.

La fauna de este piso ecológico está representada por la viscacha (*Lagidium viscaccia*), vicuña (*Vicugna vicugna*), ratones (*Neotomys briosus* y *Calomys lepidus*) y lagarija (*Liolaemus multiformes*).

Aves como perdices (*Tinamotis pentlandi*), picaflor (*Oreoctrichilus stella*) y otras especies de aves (*Attagis gayi*, *Cinclodes fuscus*, *Moscisaxicola alpina*, *Chloephaga melanoptera*, *Diuca speculifera*).

En cada sector visitado, exceptuando los sectores 3 y 5 se han observado bastantes lagartijas (*Liolemus sp.*). En las zonas de quebradas se ha observado huecos de pequeño tamaño que podrían ser de pequeños ratones que por información local existen abundantemente.

Recorriendo la quebrada del río Seque se pudo apreciar cavidades pequeñas que posiblemente pertenezcan a nidos de pequeñas aves o de roedores.

Los animales que forman parte del ganado son: burros (*Equus asinus*) y ovejas (*Ovis sp*), cerdos (*Sus scrofa*) estos últimos protegidos por jaurías de perros.

Por otra parte, los comunarios del lugar afirman que existen grupos de perros vagabundos que circulan en la zona y que por las noches se aproximan al RSVI en busca de alimento, siendo un peligro para la población por la transmisión de rabia canina.

Dentro las aves existe buena cantidad de individuos de: Leque leque (*Vanellus resplendes*) que es un chorlito grande que emite sonidos fuertes; yaka yaka (*Calaptes rupícola*) que es un ave de hábito insectívora y que encuentra abundante recurso alimenticio en el RSVI, particularmente moscas.

Otra especie que circula el lugar y es típica de sitios con perturbación humana es la gaviota (*Larus serranus*).

Cerca al RSVI se evidencia gran cantidad de insectos entre ellos más de una especie de mosca (*Drosophylla sp*), esto sugiere un estudio entomológico que aportaría al conocimiento de estas especies y sobre todo se conocería el riesgo de su presencia para la salud humana.

### **3.1.5. Diagnostico Socio – Económico.**

- **Población**

Según los datos obtenidos en ocasión del Censo Nacional de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística INE, se establece que los asentamientos humanos correspondiente a Villa Ingenio 3ra. Sección, Urbanización “Concepción” y la comunidad “El Ingenio”, que se encuentran más próximas al RSVI, pertenecen a la Zona.

Según el INE, esta Zona Censal, comprende una población total de 2.433 habitantes de los cuales 1.231 son mujeres (50.59%). La mayor cantidad de población es joven, cuyas edades oscilan entre 25 y 29 años de edad.

- **Vivienda**

En la Zona Censal 67, existen 891 viviendas de los cuales 890 son particulares y 1 es colectiva. De un total de 695 hogares, 82% tienen casa propia, 10% viven en casas alquiladas, 2% sin especificar y el resto en contrato anticrético, contrato mixto, cedida o prestada por parientes o de amistades.

- **Servicios Básicos**

De los 695 hogares, aproximadamente el 50% tiene un sistema de abastecimiento de agua de pozos o norias sin bomba, 16.9% se abastece de carro repartidor de agua, 8% tiene acceso a la pileta pública y solamente 10% tiene sistema de abastecimiento de agua de la red por tubería. Solamente 59 hogares disponen de servicio de alcantarillado de los cuales el 74% está conectados al alcantarillado, el 0.5% tiene cámara séptica, el 15 % tiene pozos ciegos.

- **Energía Eléctrica**

En la Zona Censal 67 existe suministro de energía eléctrica al 96% de las viviendas, en tanto que el 4% todavía acude al alumbrado con mecheros a kerosene o simplemente velas.

- **Consumo de combustible**

De un total de 695 hogares, 70.6% utilizan gas licuado de petróleo GLP para la cocción de sus alimentos; 12.4% utilizan kerosén; 8.9% utilizan leña y aún el 4.3% emplea excremento animal, como guano, bosta o taquia para cocinar.

- **Ocupación de la población**

Según el INE establece que de la población mayor a 10 años de edad, un total de 889 personas es económicamente activa, de las cuales el 71.20% cuenta con algún empleo, incluido temporal. El resto se halla en condición de desocupado laboral.

De un total de 633 personas ocupadas, 259 son obreros o empleados, 274 trabajan por cuenta propia, 8 son patrones o socios y el resto sin especificar. El 47.23 % corresponde a trabajadores de la industria extractiva, construcción o industria manufacturera, 22% son trabajadores de los servicios y vendedores de comercio, 6.8 % son trabajadores no calificados y el resto tiene otras ocupaciones.

Según la rama de su actividad, 27% son empleados de industria manufacturera, 19% trabajan en el comercio por mayor y/o menor y en reparación de vehículos automotores; 18.9% son trabajadores de la construcción; 6.3 % se dedican a la agricultura y ganadería; 8.4% sin especificar y el resto se aboca a otras ramas de actividades para su sustento y de su familia.

### **3.2. Materiales.**

Las herramientas y materiales, para el caso del análisis fueron las siguientes:

Revisión bibliográfica, que se remite a: Proyecto de Tratamiento y Disposición Final”, el Documento Base del Contrato (DBC) de Cierre y Mantenimiento y Disposición Final y Contrato con la Empresa Operadora “Colina SRL”.

En el caso de la propuesta de Cobertura Vegetal se empleo los siguientes materiales: Revisión bibliográfica, Proyecto de Cierre, el Contrato entre el GAMEA y Colina SRL, el Documento Base del Contrato (DBC) de Cierre y Mantenimiento; se realizo un diagnóstico del relleno sanitario utilizando los siguientes materiales: Cámara fotográfica, GPS y entrevistas con el técnico encargado de la planta de tratamiento del Relleno Sanitario de Villa Ingenio.

Adicionalmente se conto con los siguientes materiales, herramientas e insumos.

- Humus
- Semilla de ichu
- Esquejes de paja brava
- Baldes de 20 litros
- Cinta métrica
- Estacas
- Pala y picota
- Repicadores
- Cuaderno de campo
- Material bibliográfico
- Calculadora

- Cámara fotográfica
- Registros
- Levantamiento topográfico
- Computadora

### **3.3. Metodología.**

El estudio y análisis de la zona se realizó siguiendo los siguientes parámetros:

El estudio de la situación actual del relleno sanitario se realizó a través de un proceso de análisis de información disponible y posterior deducción, a través de técnicas e instrumentos adaptados para la recopilación de información primaria y secundaria los cuales involucraron:

- Análisis Documental.
- Observación in situ y recolección de datos en campo.
- Entrevistas a técnicos de Colina SRL, EMALT y miembros de la comunidad denominada “El Ingenio”.

#### **3.3.1. Procedimiento de trabajo.**

##### **3.3.1.1 Análisis Documental.**

Para el análisis documental del diagnóstico se procedió a efectuar la recopilación de datos históricos del proyecto a diseño final sobre el Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio, paralelamente todo el documento se halla respaldado por la reglamentación vigente; adicionalmente se trabajó realizando consultas a expertos en el área, sobre algunas características de las especies vegetales presentes en la zona.

### **3.3.1.2. Observación in situ y recolección de datos en campo.**

Para la recolección de datos se emplearon los siguientes instrumentos de recolección de datos: entrevistas, encuestas, planillas de campo, cartografía, levantamiento topográfico, etc.

Con la finalidad de obtener información primaria, se acudió a EMALT, entidad que proporcionó parte de la información requerida; como características de los residuos sólidos y también la procedencia de residuos ingresados al Relleno. También se acudió a las Empresa operadora COLINA SRL. ésta última, brindó información referida a la cantidad de residuos sólidos, depositados en el sitio de disposición final en el periodo que atendió el servicio de aseo urbano, además de las características de las operaciones que efectúa actualmente en el RSVI.

Adicionalmente, en la búsqueda de información complementaria, se acudieron a las siguientes instituciones y empresas:

- a) Facultad de Geología de la Universidad Mayor de San Andrés
- b) Servicio Nacional de Áreas Protegidas SERNAP
- c) Herbario Nacional de Bolivia
- d) Instituto Nacional de Estadística INE

### **3.3.1.3. Trabajo de campo.**

Para la descripción de las características se procedió a:

- a) Reuniones con autoridades y técnicos de EMALT y COLINA SRL.
- b) Reconocimiento del área de estudio para la descripción de las actividades que se desarrollan en el RSVI.
- c) Levantamiento Topográfico proporcionado por COLINA SRL.

- d) Recorrido sobre el terreno próximo alrededor del RSVI para el estudio específico de flora, fauna, socio – económico.
- e) Registro de fotografías.

#### **3.3.1.4. Evaluación y procesamiento de información.**

Fundamentalmente referida a la evaluación de la información obtenida de las diferentes fuentes:

- a) Consideración de normatividad ambiental vigente.
- b) Análisis y síntesis de la información obtenida, su pertinencia y clasificación.
- c) Registro de información climatológica.
- d) Selección de Imágenes y fotografías

#### **3.3.1.5. Entrevistas y Reuniones con autoridades y técnicos.**

Para la aplicación de las entrevistas se procedió a reuniones con el personal de COLINA SRL, EMALT, recicladores, criadores de cerdos y habitantes de la Comunidad “El Ingenio”.

Para el caso de la propuesta técnica de cobertura vegetal la metodología empleada fue en base a recomendaciones explícitas de la Empresa operadora COLINA SRL, que consta de un diagnóstico del relleno de la macro celda 1 del R.S.V.I. y la planificación para la modificación de taludes y banquinas, canalización de aguas pluviales según los resultados obtenidos en el diagnóstico y finalmente la implementación de la cobertura vegetal final; incorporación de material sólido (tierra abonada), siembra e implantación de especies vegetales predominantes en el lugar, identificadas según los resultados del diagnóstico realizado en la zona.

En base a los resultados encontrados se procedió a realizar los trabajos previos para la implementación de la Cobertura Vegetal Final para el sector “C” de la macro celda 1 del R.S.V.I.

### 3.4. Prueba piloto en el sector “c” de la macro celda no.1.

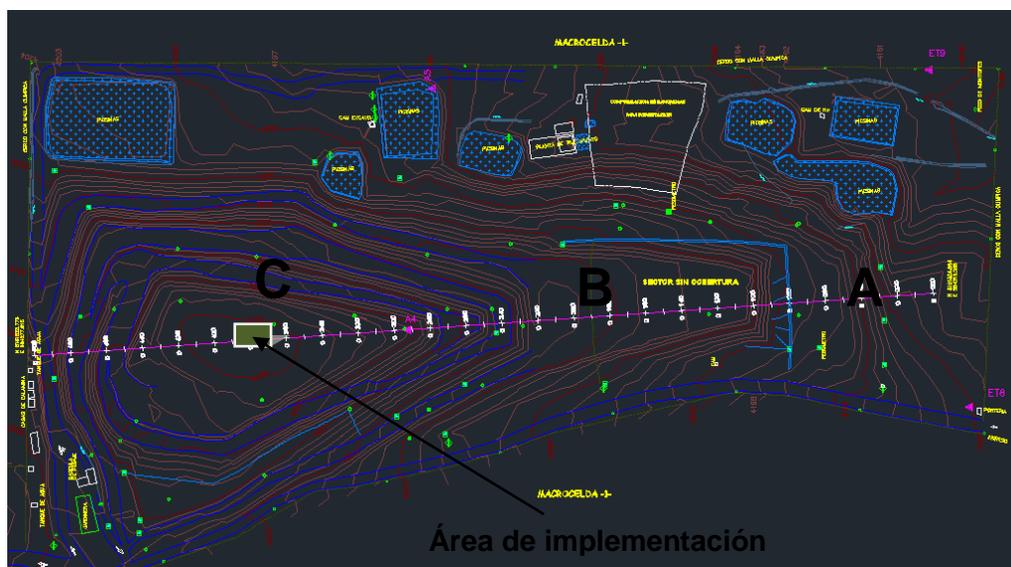
Para la implementación de la prueba piloto se debe proceder al establecimiento de la zona de estudio, en el sector “C” de la macro celda No. 1 según la siguiente metodología.

#### 3.4.1. Materiales y métodos.

##### 3.4.1.1. Localización y ubicación.

El área de implementación se la ubico en la base del sector “C” de la macro celda No.1 del R.S.V.I.; con una superficie de 250 M2 que corresponden el 1% aproximadamente de la superficie total del sector

**Grafico 2:** Ubicación del área de implementación de la prueba piloto



Fuente: Elaboración propia (Levantamiento topográfico de COLINA SRL.)

#### **3.4.1.2. Características de la zona de estudio.**

El sector "C" se halla al norte de la macro celda No. 1, no cuenta con una adecuada cobertura diaria.

Se evidencia un nivelado deficiente con hundimientos y agrietamientos en el lugar.

No presenta ninguna cobertura vegetal en su superficie.

#### **3.4.1.3. Materiales.**

Los materiales a utilizarse son los siguientes:

- Levantamiento topográfico.
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica.
- Estacas.
- Cal.
- Carretilla.
- Pala.
- Picota.
- Tierra abonada.
- Material vegetal (semillas de festuca y estolones de paja brava).

#### **3.4.1.4. Metodología.**

- Determinar el lugar de implementación, en el sector "C", para luego delimitar el área de 25 x 10 metros (250 M2), donde se procederá a realizar el estudio.

- Proceder a la preparación del sustrato, con una composición de:
  - Tierra del lugar                      60%
  - Turba                                      35%
  - Humus                                      5%
  
- Para su posteriormente extenderla en el área delimitada con una altura de 0.3 metros.

#### **3.4.1.5. Procedimiento de trabajo.**

- Se procederá a realizar la estabilización de los taludes del sector “C”.
  
- Luego se realizara el nivelado y posterior perfilado del área de estudio.
  
- Realizar trabajos de impermeabilización de los drenajes pluviales
  
- Posteriormente se procederá a la impermeabilización del lugar con el geo textil de 300 (gr/M2).
  
- Luego se debe realizar el extendido del sustrato en un área de 10 x 25 metros a una altura de 0.30 metros.
  
- Después del extendido del sustrato se procederá a la siembra con una densidad de 60 gr/M2, humedeciendo el sustrato, las semillas se colocan y se tapas con el sustrato, quedando como máximo a una profundidad del doble del tamaño de la semilla.
  
- Posteriormente se debe proceder al repique del material genético en hileras con una distancia de 1.5 metros entre sí.
  
- Por último se debe aplicar el riego del área sembrada.

### 3.4.1.6. Presupuesto del proyecto.

COSTO APROXIMADO DEL PROYECTO				
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (Bs.)
1	Nivelado y Perfilado	M2	5000	720
2	Canalización con geomembrana	M	1580	22.120
3	Extendido y aplicación de geotextil	M2	24000	51.000
4	Provision de turba	M3	1750	43.750
5	Provision de humus	M3	250	17.500
6	Provision de semilla	kg	300	18.000
7	Equipo Pesado	Glb.	4	25.200
8	Implementación	Glb.	1	75.000
<b>TOTAL</b>				<b>253.290</b>

- Fuente: Elaboración propia

## IV. SECCION PROPOSITIVA.

La sección propositiva del presente trabajo dirigido se halla estructurado en dos aspectos importantes de investigación acción, donde se pretende considerar la situación ex ante y ex post.

### 4.1. Aspectos Propositivos.

- a) Propuesta técnica de cobertura vegetal para el sector C Relleno sanitario Villa Ingenio.
- b) Implementación de una prueba piloto en el sector "C" de la macro celda No.1.

#### 4.1.1. Propuesta técnica de cobertura vegetal para el sector "C" de la macro celda No. 1 del Relleno Sanitario Villa Ingenio.

Para el inicio de esta actividad, es necesario verificar que el terreno se encuentre consolidado y que no existe riesgo de asentamiento como producto de la degradación de la materia orgánica depositada en el RSVI.

Para dicho control, será preciso efectuar previamente, levantamientos topográficos mensuales.

El diseño de la Cobertura Final trata de imponer la práctica para una recuperación edáfica, que comprende básicamente actividades como suavizar pendientes, rellenar depresiones, consolidar y cubrir los RR.SS. todavía descubiertos en el sector "C" de la macro celda No 1.

Cuando esta actividad concluya, recién el proceso de parquización mediante la siembra de especies nativas de raíz horizontal (para retener el suelo y protegerlo contra la erosión), como defensa principal ante la infiltración.

Los propósitos principales de la cobertura final en el área de implementación del Relleno Sanitario de Villa Ingenio son:

- Minimizar la infiltración de agua procedente de la lluvia, granizo o de la nieve después de cerrar el vertedero.
- Limitar la salida incontrolada del biogás.
- Disminuir la presencia de vectores.
- Eliminar la posibilidad de incendios.
- Proporcionar una superficie apta para la revegetación del lugar.
- Servir como elemento central en la recuperación del sitio.

Para tales propósitos la cobertura final debe ofrecer resistencia a:

- Los extremos climáticos.
- La erosión eólica e hídrica.
- La inestabilidad que podrían generar hundimientos, roturas, fallos de pendiente, deslizamientos, etc.
- Los efectos del asentamiento diferencial provocado por la descomposición de los residuos sólidos de la macro celda No 1.

- Las operaciones de mantenimiento de la cobertura y otras actividades de post clausura.

Es necesario aclarar que estos aspectos deben ser asegurados a largo plazo, para garantizar la reinserción de la superficie utilizada por el R.S.V.I. en armonía con las características del entorno.

#### **4.1.2. Implementación de una prueba piloto en el sector “C” de la macro celda No. 1 del Relleno Sanitario de Villa Ingenio.**

La prueba piloto que se realizó en el presente trabajo dirigido, se halla en el sector “C” de la macro celda No. 1, donde la superficie total del sector es de 20345 M<sup>2</sup>, pero para el presente trabajo se tomó una superficie experimental de 250 M<sup>2</sup> que corresponden aproximadamente al 1% de su superficie.

El proceso de implementación tuvo su inicio con las siguientes actividades:

##### **a) El sellado.**

Proceso que consiste en la conformación de una serie de capas, cada una de las cuales tiene una función específica. De la parte superior hacia el interior se distribuye de la siguiente manera:

- Capa de tierra abonada.
- Capa de material seleccionado.
- Capa de Geo textil de 300 (gr/m<sup>2</sup>).
- Capa de material seleccionado.

Distribución de estratos según el resultado obtenido en los ensayos de impermeabilización para el Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio, en la fase diagnóstica.

### **b) Nivelado y Perfilado.**

Se procedió a la nivelación y posterior perfilado del área en estudio del sector “C”; realizando los trabajos de canalización de los canales fluviales, con geomembrana de 1.5 micras de espesor.



**Fotografía 11:** Nivelación y perfilado del sector “C” del RSVI.

### **c) Impermeabilización de la zona.**

En base a los resultados proporcionados por COLINA SRL se procedió a realizar la impermeabilización de la zona en estudio; para posteriormente sellar la zona con una capa de tierra tamizada y luego la aplicación del geotextil.



**Fotografía 12:** Extendido y aplicación del Geotextil

Posteriormente se procedió al extendido del sustrato (tierra del lugar, turba y humus)



**Fotografía 13:** Aplicación y soldado del Geotextil

#### **d) Preparación del sustrato.**

Para la preparación del sustrato para la cobertura vegetal se procedió a la mezcla de tierra del lugar, turba y humus.



**Fotografía 14:** Preparación de la tierra abonada (sustrato)

#### **e) Colocado de Cobertura Vegetal.**

Para la cobertura vegetal se tomo 2 criterios siembra de semilla *Festuca* (*Festuca dolichophylla*)

Trasplante de especies nativas identificadas en la región Paja Brava (*Stipa hichu*), predominantemente; por la disponibilidad de material genético, realizando la parquización en el área sellada, además de la implantación de otras especies nativas del lugar como el *Poa anua* y *Siki*.



**Fotografía 15 y 16:** Siembra y repique de cobertura vegetal.

Posteriormente se efectuaron actividades culturales principalmente de Riego, reposición de plantas muertas y evaluaciones de desarrollo.

#### **4.2. Análisis de resultados**

En base a los objetivos planteados se llegaron a los siguientes resultados:

- Se identificó que en el área de intervención existe deficiente drenaje superficial, al mismo tiempo presenta asentamientos de terreno con alturas de 0.5 hasta 1m de profundidad, los agrietamientos se exponen en un 40% del área de intervención influyendo en las fugas de biogás e infiltración de agua de precipitación incrementando la generación de lixiviados.
- Las pruebas de Infiltración realizadas por colina determinaron que la mejor distribución de estratos.

**Cuadro 5:** Prueba de impermeabilización para el Cierre del RSVI

<b>Ensayo</b>	<b>Descripción de estratos</b>	<b>Descargas de agua</b>	<b>Resultados Obtenidos Infiltración (ml)</b>
<b>I</b>	5 (cm) grava 5 (cm) tierra tamizada Geotextil	5 litros	0
	10 (cm) tierra tamizada 10 (cm) tierra abonada	10 litros	1000
<b>II</b>	5 (cm) grava 5 (cm) tierra tamizada Geotextil	5 litros	700
	10 (cm) tierra abonada	10 litros	4720
<b>III</b>	5 (cm) grava 10 (cm) tierra tamizada Geotextil	5 litros	600
	5 (cm) tierra tamizada 5 (cm) grava 10 (cm) tierra abonada	10 litros	2820
<b>IV</b>	5 (cm) grava Geotextil	5 litros	800
	15 (cm) tierra tamizada 10 (cm) tierra abonada	10 litros	3185
<b>V</b>	5 (cm) grava 10 (cm) tierra tamizada Geotextil	5 litros	800
	5 (cm) grava 10 (cm) tierra abonada	10 litros	4160

**Fuente:** Elaboración propia

En función a los resultados obtenidos se realizó de una nueva serie de ensayos, basados en los resultados obtenidos del mejor ensayo (I) de la anterior serie.

El ensayo **VI** es la réplica del ensayo **I**, por ser esta la que presento la mejor impermeabilización, además se realizaron variaciones de estratos basados en el ensayo **I** de la anterior serie (cuadro 5).

**Cuadro 6:** Segunda prueba de impermeabilización

<b>Ensayo</b>	<b>Descripción de estratos</b>	<b>Descargas de agua</b>	<b>Resultados Obtenidos Infiltración (ml)</b>
<b>VI Replica ensayo (I)</b>	5 (cm) grava	5 litros	0
	5 (cm) tierra tamizada Geotextil 10 (cm) tierra tamizada 10 (cm) tierra abonada	10 litros	1650
<b>VII</b>	5 (cm) grava	5 litros	890
	15 (cm) tierra tamizada Geotextil 10 (cm) tierra abonada	10 litros	5200
<b>VIII</b>	5 (cm) grava Geotextil	5 litros	900
	10 (cm) tierra tamizada 10 (cm) tierra abonada	10 litros	5000

**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados de los ensayos la mejor configuración de estratos es el ensayo (I), con su replica el ensayo (VI), los cuales presentan el mismo comportamiento, vale decir presentan la mayor capacidad de impermeabilidad

que es lo que se trataba de encontrar con los ensayos anteriores; con la siguiente conformación de estratos de abajo hacia arriba:

- 5 cm grava (solamente como capa drenante).
  - 5 cm de tierra tamizada.
  - Capa de geotextil de 300 (gr/m<sup>2</sup>).
  - 10 cm de tierra tamizada.
  - 10 cm de tierra abonada.
- Referente a las especies encontradas en la zona de estudio se describen en el cuadro No. 7.

**Cuadro 7:** En el Especies vegetales encontradas en inmediaciones del RSVI

Familia	Genero y/o Especie	Nombre vernacular
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum sp</i>	Huaricoca
Compositae <i>Perezia sp.</i>	<i>Bacharis spp.</i> <i>B.papillosa</i> <i>Hypochoeris melleni</i> <i>Werneria sp.</i>	Th`ola Th`ola Siki Chusca
Gentianaceae	<i>Gentiana sp</i> <i>Gentianella sp.</i>	
Gramineae	<i>Geranium bangui</i>	
Geraniaceae	<i>Bromus sp</i> <i>Calamagrostis tricophylla</i> <i>Festuca sp.</i> <i>Poa anua</i> <i>Stipa ichu</i>	Cebadilla Keña Paja brava Chiji Ichu
Juncaceae	<i>Distichia sp</i> <i>Juncus sp</i> <i>Luzula sp.</i>	Jocho Yaretilla
Leguminosea /Papiloinideae	<i>Adesmia sp.</i>	

Malvaceae	<i>Notrotriche flabellata</i>	Thurpa
Plantaginaceae	<i>Plantago sp.</i> <i>P. tubulosum</i>	
Rosaceae	<i>Lachemilla pinnata</i>	Sillu sillu
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>	Papa negra
Verbenenaceae	<i>Junellia sp.</i>	Yaretilla
Violaceae	<i>Viola sp.</i>	
Phyllum Liquen	<i>Tamolia vermicularis</i>	

- Las especies de animales que se observaron en inmediaciones y dentro el Relleno Sanitario de Villa Ingenio se las presentan en el cuadro No 8.

**Cuadro 8:** Especies de animales observados en inmediaciones del RSVI

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Genero y/o Especie</b>
Reptilia	Iguanidae	<i>Liolaemus sp</i>
Carnívora	Canidae	<i>Canis familiaris</i>
Perisodactyla	Equidae	<i>Equis asnus</i>
Artiodactyla	Suidae Bovidae	<i>Sus scrofa</i> <i>Ovis sp</i>
Charadriformes	Charadriidae Laridae	<i>Vanellus resplendes</i> <i>Larus serranus</i>
Piciformes	Furnariidae	<i>Calaptaes rupícola</i>

- Referente a los factores socioeconómicos los resultados se hallan descritos en el punto 3.1.5 de diagnostico Socio – Económico.
- La estructuración de la propuesta técnica se trabajo considerando los siguientes aspectos:

Estabilización de taludes.  
Nivelado y perfilado.  
Canalización del sistema pluvial.  
Extendido y aplicación de la capa impermeable.  
Preparación del sustrato.  
Siembra y trasplante de cobertura vegetal.

- Los resultados de la implementación de la prueba piloto se hallan de acuerdo a los siguientes criterios:

Impermeabilización de la zona.  
Porcentaje de germinación  
Porcentaje de prendimiento.

- **Impermeabilización de la zona.**

La impermeabilización del sector “C” fue realizada satisfactoriamente ya que luego de aplicar el geo textil de 300 (gr/m<sup>2</sup>) se pudo controlar la infiltración del agua en el lugar.

- **Porcentaje de germinación.**

El porcentaje de germinación de la semilla fue del 80% del la superficie total aplicada.

- **Porcentaje de prendimiento.**

En cuanto al porcentaje de prendimiento este presento un 75% del total de especies repicadas en el lugar de implementación.

## **V. SECCIÓN CONCLUSIVA.**

Se realizó una propuesta técnica adecuada para el sector "C" de la macro celda No.1 con una buena cobertura vegetal final para contrarrestar los pasivos ambientales identificados y dar una nueva imagen al sector recuperando el paisajismo de la zona, que ayudara a mejorar las condiciones de salud y medioambientales de Villa Ingenio y la ciudad del Alto de La Paz.

Al diagnóstico realizado se evidencio, entre otros, baja compactación de RR.SS., insuficiente aplicación de cobertura, deficiente sistema de drenaje pluvial, precarios sistemas de conducción de lixiviados (líquido tóxico) y captación de biogás (combustible); estos últimos generados por acción bacteriana sobre la materia orgánica de los residuos sólidos (RR.SS).

Por otra parte, se han identificado impactos ambientales negativos que amenazan la salud de los pobladores asentados en la Comunidad El Ingenio y las urbanizaciones vecinas en expansión, debido a la calidad del aire y suelo.

Asimismo, se advierten amenazas sobre la flora y fauna de la zona.

La propuesta técnica formulada resulta viable para su futura implementación y replica en los 3 sectores de la macro celda No. 1.

Se realizó la implementación de 250 m<sup>2</sup> del sector "C" en la macro celda No. 1 del relleno sanitario de villa ingenio.

Según el presupuesto se requiere aproximadamente de Bs. 253.290.- para la cobertura del sector "C" de la macro celda No. 1.

Como recomendación se puede decir que es necesario realizar un adecuado cierre del relleno sanitario, con una buena cobertura vegetal final para contrarrestar los pasivos ambientales identificados y dar una nueva imagen al sector recuperando el paisajismo de la zona, que ayudara a mejorar las condiciones de salud y medioambientales de Villa Ingenio y la ciudad del Alto de La Paz.

## **VI. BIBLIOGRAFIA**

BECK & GARCÍA, 1991. Flora y vegetación en los diferentes pisos altitudinales en: Historia Natural de un valle en Los Andes: La Paz. Editores Forno & Baudoin. Ed. Instituto de Ecología – UMSA. La Paz – Bolivia. 65-108 p.

CIMAR & UGRM, 1996. Comunidades, Territorios Indígenas y Biodiversidad en Bolivia. Santa Cruz – Bolivia. pp. 174-175

CLIMA SRL, 2002. Manifiesto Ambiental. Empresa Consultora INPROTEC SRL

D.S. N° 24176, 1995. Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos.

D.S. N° 24176, 1995. Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica.

D.S. N° 24176, 1995. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

D.S. N° 24176, 1995. Reglamento General de Gestión Ambiental.

D.S. N° 24176, 1995. Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas.

D.S. N° 24176, 1995. Reglamento para la Prevención y Control Ambiental.

FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL, 2001. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental Sector Aseo Urbano.

IBISCH, BECK, GERKMANN & A. CARRETERO, 2003. Eco regiones y Ecosistemas en: Ibisch & Mérida Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Ed. FAN. Santa Cruz –Bolivia. pp. 81- 83.

IBNORCA, 1995. Normas de Residuos Sólidos NB 742 - 760.

KOPPEN, W, 1931. Grundriss der Klimakunde. De Gruiter, Berlín, 388 pp.

LEY DEL MEDIO AMBIENTE PROMULGADA EL 27 de Abril de 1992 Publicada en la Gaceta Oficial de Bolivia el 15 de Junio 1992.

NAVARRO & MALDONADO, 2002. Geografía Ecológica de Bolivia. Editorial: Centro de Ecología Simón I. Patiño – Departamento de difusión. Cochabamba – Bolivia. pp. 259.

Plan de Cierre del Relleno Sanitario de Villa Ingenio Gobierno Municipal Autónomo de El Alto

ROBEN EVA, 2002. Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. DED/Ilustre Municipalidad de Loja, Ecuador.

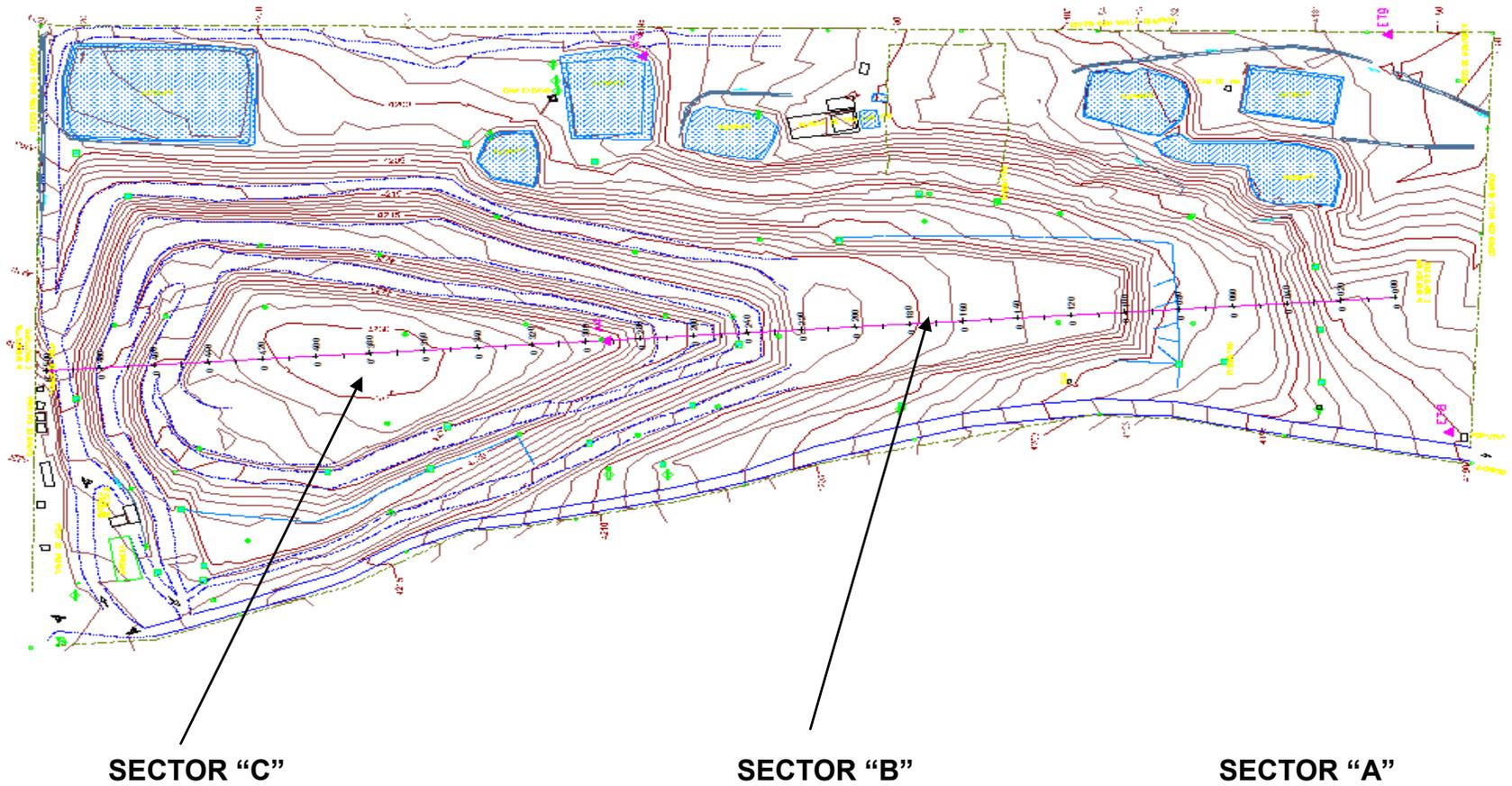
SAKURAI, 1980. Aquino pp. 323.

VEGA CHÁVEZ LUIS F, 2002. Evaluación de las operaciones y mantenimiento del Relleno Sanitario de Mallasa. Proyecto de grado UMSA La Paz – Bolivia.

## ANEXOS

### ANEXO No. 1

#### VISTA GENERAL DE LA MACRO CELDA No 1 EN EL RELLENO SANITARIO DE VILLA INGENIO



## ANEXO No 2

### VISTA DETALLADA DE LA ZONA DE IMPLEMENTACION DE LA COBERTURA VEGETAL

