

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Diseño de un Relleno Sanitario para la gestión segura de Residuos Sólidos Urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena”

INGE-2680

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Stefanie Belén Ramírez Pacheco

Alex Xavier Ojeda Olivares

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

A mis padres, mi mayor motor, quienes me sostuvieron en los momentos más difíciles y evitaron muchas veces que me rindiera.

A mi hermano, con la esperanza de que también alcance sus metas y llegue aún más lejos.

A mis perritas, Cleo y Polie, que literalmente estuvieron a mi lado en todo momento.

## Dedicatoria

---

Dedico este proyecto y esfuerzo a mi madre, que ha sido un pilar fundamental en mi vida y ha estado siempre para mí con los brazos abiertos, ofreciéndome siempre su amor, paciencia incondicional. A mi padre por su responsabilidad y apoyo.

A mami Tere que me enseñó el valor de nunca rendirme y siempre buscar lo mejor para mí y mi familia.

A mi hermana Tatiana que a pesar de la distancia ha estado apoyándonos y haciendo para mí de segunda madre desde que tengo memoria, siempre serás un ejemplo que seguir para mí, estoy muy orgulloso de ti.

A mi otra hermana Viviana por su paciencia, cariño y risas que aportaron tranquilidad en los momentos que más los necesitaba.

## Agradecimientos

---

A Dios, por darme la vida, la fortaleza y la oportunidad de llegar hasta aquí, permitiéndome cumplir mis metas.

A mis padres, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarnos las herramientas —figurada y literalmente— para el desarrollo de nuestra tesis.

A Alex, mi compañero, quien escuchó y apoyó mis ideas, soportó mi carácter y se convirtió en mi amigo y confidente.

A mi tutor, E. Santos, quien fue una guía constante en el desarrollo de esta tesis, orientándonos siempre con paciencia y sabiduría.

Al coordinador de carrera, W. Hurtares, por apoyar nuestra iniciativa de hacer algo diferente.

A cada persona que me dijo: "*Creo en ti*", "*Confío en ti*", "*Sé que lo vas a lograr*" y que estuvo dispuesta a ayudarme. Llevo cada uno de sus nombres tatuados en el corazón.

## Agradecimientos

---

A Dios por bendecirme con una familia maravillosa, que siempre estuvo apoyándome desde mi decisión de seguir esta hermosa carrera. Mamá y Papá, finalmente ¡Lo logré!

A mi tutor que fue un guía y pilar fundamental, con su conocimiento, sabiduría y experiencia, además de su pasión a la docencia.

A Stefanie que supo soportar mi carácter y darme la confianza de conocerte durante todo este proceso, que dicha ser tu compañero en esta etapa.

A mis hermanos de otra madre Roberto y Samuel que siempre estuvieron cuando más los necesite aportando consejos y tiempo de calidad.

A Ceci que estuvo apoyándome en todo este proceso con su amor y palabras de motivación para no desviarme de mi meta.

## Declaración Expresa

---

Nosotros Alex Xavier Ojeda Olivares y Stefanie Belén Ramírez Pacheco acordamos y reconocemos que:

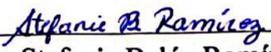
La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 9 de octubre del 2024.

  
Alex Xavier Ojeda Olivares

  
Stefanie Belén Ramírez  
Pacheco

## **Evaluadores**

---

---

**MSc. Ingrid Tatiana Orta Zambrano**

Profesor de Materia

---

**PhD. Eduardo Alberto Santos Baquerizo**

Tutor de proyecto

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un relleno sanitario para la disposición adecuada y tecnificada de los residuos sólidos urbanos de la provincia de Santa Elena, permitiendo la inhabilitación del actual botadero a cielo abierto en la parroquia de Anconcito. Se plantea la hipótesis de que la implementación de un sistema de gestión eficiente reducirá los impactos ambientales y mejorará las condiciones sanitarias de la zona. La justificación radica en la necesidad de una infraestructura que minimice la contaminación del aire, suelo y cuerpos de agua, garantizando un manejo sostenible de los residuos. Para el desarrollo del proyecto, se recopilaron datos sobre el crecimiento poblacional y su impacto en la generación de desechos sólidos, también se realizaron estudios geotécnicos para caracterizar el tipo de suelo y definir la estabilidad de los taludes. El diseño incluye un sistema de impermeabilización, la captación de lixiviados y el manejo de biogás, así como también un plan de mitigación ambiental. Se determinó que el costo unitario de construcción es de \$31.88 USD/m<sup>2</sup>, representando una optimización en comparación con proyectos previos. Además, el sistema de impermeabilización con geosintéticos evita la filtración de lixiviados, reduciendo el riesgo de contaminación.

**Palabras Clave:** *Gestión de residuos, impacto ambiental, impermeabilización, sostenibilidad*

## Abstract

*The objective of this project is to design a sanitary landfill for the adequate and technical disposal of municipal solid waste in the province of Santa Elena, enabling the decommissioning of the current open dumpsite in the parish of Anconcito. The hypothesis suggests that implementing an efficient waste management system will reduce environmental impacts and improve sanitary conditions in the area. The project is justified by the need for infrastructure that minimizes air, soil, and water pollution, ensuring sustainable waste management. For the project's development, data on population growth and its impact on solid waste generation were collected. Additionally, geotechnical studies were conducted to characterize the soil type and determine the stability of the slopes. The design includes an impermeabilization system, leachate collection, and biogas management, as well as an environmental mitigation plan. The unit construction cost was estimated at \$31.88 USD/m<sup>2</sup>, representing an optimization compared to previous projects. Furthermore, the impermeabilization system with geosynthetics prevents leachate infiltration, reducing the risk of contamination.*

**Keywords:** *Waste management, environmental impact, impermeabilization, sustainability.*

## Índice general

Resumen .....	VIII
Abstract.....	IX
Índice general .....	X
Índice de figuras .....	XV
Índice de tablas .....	XVIII
Índice de planos .....	XX
Capítulo 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Descripción del Problema .....	3
1.3 Justificación del Problema .....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
Capítulo 2 .....	5
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
2.1 Revisión de literatura .....	6
2.1.1 Botadero a Cielo Abierto.....	6
2.1.2 Relleno Sanitarios .....	6

2.1.3	Tipos de Rellenos Sanitarios .....	7
2.1.4	Clase de Relleno Sanitario .....	9
2.1.5	Residuos Sólidos Lixiviados .....	9
2.1.6	Enfermedades que generan los botaderos a cielo abierto.....	9
2.1.7	Parroquia Anconcito.....	10
2.1.8	Gestión Segura de Residuos Sólidos.....	11
2.1.9	Otras Soluciones Innovadoras de Relleno Sanitarios.....	11
2.2	Área de estudio.....	12
2.3	Trabajo de campo y laboratorio .....	18
2.3.1	Topografía .....	18
2.3.2	Ensayos de Suelos .....	20
2.4	Análisis de datos.....	27
2.4.1	Análisis de Estudio de Suelo.....	27
2.4.2	Proyección poblacional .....	28
2.5	Análisis de alternativas.....	33
Capítulo 3 .....		38
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES .....	39
3.1	Diseños .....	39
3.1.1	Recolección de residuos .....	39
3.1.2	Producción de residuos sólidos urbanos.....	41
3.1.3	Volumen de residuos sólidos.....	42

3.1.4	Cálculo del área requerida.....	45
3.1.5	Diseño de Taludes .....	48
3.1.6	Método de diseño por zanja o trinchera .....	49
3.1.7	Método de diseño por área .....	56
3.1.8	Sistema de revestimiento normado para residuos sólidos.....	61
3.1.9	Alternativa para una solución del relleno sanitario .....	64
3.2	Especificaciones Técnicas.....	67
Capítulo 4	.....	94
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL .....	95
4.1	Descripción del proyecto.....	95
4.1.1	ODS 6: Agua limpia y saneamiento.....	95
4.1.2	ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles .....	95
4.1.3	ODS 13: Acción por el clima .....	96
4.2	Línea base ambiental.....	96
4.3	Actividades del proyecto.....	97
4.4	Identificación de impactos ambientales .....	100
4.5	Valoración de impactos ambientales.....	101
4.6	Medidas de prevención/mitigación .....	103
Capítulo 5	.....	105
5.	PRESUPUESTO .....	106
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo.....	106

5.2	Rubros y análisis de precios unitarios .....	106
5.2.1	Rubros .....	106
5.2.2	Análisis de precios unitarios .....	109
5.3	Descripción de cantidades de obra .....	110
5.4	Valoración integral del costo del proyecto.....	135
5.5	Cronograma de obra .....	136
Capítulo 6	.....	141
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
6.1	Conclusiones .....	142
6.2	Recomendaciones.....	144
Referencias	.....	146
Planos y anexos	.....	149

## **Abreviaturas**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
UTM	Universal Transverse Mercator
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
ASTM	American Society for Testing and Materials
HDPE	High Density Polyethylene
GCL	Geosynthetic Clay Liner
EPA	Environmental Protection Agency
OMS	Organización Mundial de la Salud
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible

## Índice de figuras

Figura 2.1 <i>Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario</i> .....	8
Figura 2.2 <i>Rendimiento del cargador de ruedas</i> .....	8
Figura 2.3 <i>Carta topográfica de la provincia de Santa Elena</i> .....	14
Figura 2.4 <i>Distancia desde los cantones (Santa Elena, La Libertad, Salinas), parroquias cercanas como Anconcito (Salinas) y Ancón (Santa Elena), y antiguo botadero de basura a cielo abierto al futuro relleno sanitario</i> .....	15
Figura 2.5 <i>Topografía del Relleno Sanitario</i> .....	19
Figura 2.6 <i>Coordenadas UTM 17S de las calicatas</i> .....	20
Figura 2.7 <i>Resultados de la prueba de límite líquido para la primera calicata</i> .....	21
Figura 2.8 <i>Gráfico Límite líquido: Número de golpes vs contenido de humedad para la primera calicata</i> .....	22
Figura 2.9 <i>Resultados de la prueba de límite líquido para la segunda calicata</i> .....	22
Figura 2.10 <i>Gráfico Límite líquido: Número de golpes vs contenido de humedad para la segunda calicata</i> .....	23
Figura 2.11 <i>Tabla de datos correspondiente al ensayo de Granulometría</i> .....	24
Figura 2.12 <i>Gráfica de porcentaje de pasante vs abertura de tamiz</i> .....	24
Figura 2.13 <i>Resultados de la prueba de Proctor</i> .....	26
Figura 2.14 <i>Comportamiento de los métodos estadísticos de proyección poblacional en Santa Elena</i> .....	30
Figura 2.15 <i>Comportamiento de los métodos estadísticos de proyección poblacional en La Libertad</i> .....	31
Figura 2.16 <i>Comportamiento de los métodos estadísticos de proyección poblacional en Salinas</i> .....	32

Figura 3.1	<i>Separación de residuos</i> .....	40
Figura 3.2	<i>Cálculos de Proyecciones y áreas requeridas</i> .....	47
Figura 3.3	<i>Taludes recomendados en corte, Secretaría de Obras Públicas, SGC</i> .....	49
Figura 3.4	<i>Área total por utilizarse para el relleno sanitario</i> .....	53
Figura 3.5	<i>Distribución de celdas y laguna de lixiviados</i> .....	55
Figura 3.6	<i>División de secciones transversales - Método de área</i> .....	57
Figura 3.7	<i>Cálculo de área transversal</i> .....	58
Figura 3.8	<i>Detalle de capas de revestimiento</i> .....	63
Figura 3.9	<i>Sistema de tratamiento de residuos sólidos, patentado por Joffre Olmedo Luperta Navarrete</i> .....	64
Figura 3.10	<i>Geosintético GCL</i> .....	82
Figura 5.1	<i>Esquema de la estructura desglosada de trabajo</i> .....	106
Figura 5.2	<i>Ejemplo de Análisis de Precio Unitario</i> .....	109
Figura 5.3	<i>Áreas acotadas</i> .....	111
Figura 5.4.	<i>Área del relleno sanitario</i> .....	112
Figura 5.5	<i>Perímetro del Proyecto en software AutoCAD</i> .....	113
Figura 5.6	<i>Bosquejo de portón metálico con planchas</i> .....	114
Figura 5.7	<i>Dimensiones de vía de acceso</i> .....	117
Figura 5.8	<i>Bosquejo de drenaje pluvial, valores de área y longitud</i> .....	118
Figura 5.9	<i>Bosquejo de cuneta pluvial, valores de área y longitud</i> .....	119
Figura 5.10	<i>Bosquejo de drenaje de lixiviados</i> .....	120
Figura 5.11	<i>Datos de longitudes tomadas del software de AutoCAD</i> .....	121
Figura 5.12	<i>Medida de anclaje para Geosintéticos</i> .....	122
Figura 5.13	<i>Dimensiones de relleno por secciones</i> .....	123

Figura 5.14 <i>Distribución de los Geosintéticos en el fondo del relleno sanitario</i> .....	124
Figura 5.15 <i>Distribución de Geosintéticos restante</i> .....	125
Figura 5.16 <i>Cota de GCL sección A (Ejemplo) y medidas de Talud</i> .....	125
Figura 5.17 <i>Medida de anclaje para Geosintéticos</i> .....	127
Figura 5.18 <i>Cota de HDPE sección A (Ejemplo) y medidas de Talud</i> .....	127
Figura 5.19 <i>Medida de anclaje para Geosintéticos</i> .....	129
Figura 5.20 <i>Cota de Geotextil 500gr sección A (Ejemplo) y medidas de Talud</i> .....	130
Figura 5.21 <i>Medida de anclaje para Geosintéticos</i> .....	132
Figura 5.22 <i>Cota de Geotextil NT 1600 sección A (Ejemplo) y medidas de Talud</i> .....	132

## Índice de tablas

Tabla 2.1 <i>Distancia desde los diferentes cantones y parroquias hasta el futuro relleno sanitario</i>	16
Tabla 2.2 <i>Descripción de los lugares aledaños al futuro relleno sanitario</i>	16
Tabla 2.3 <i>Coordenadas del área de terreno natural</i>	17
Tabla 2.4 <i>Coordenadas del área destinada al relleno sanitario</i>	18
Tabla 2.5 <i>Resultados de los últimos tres censos realizados por el INEC</i>	29
Tabla 2.6 <i>Proyección poblacional de Santa Elena mediante diferentes métodos estadísticos</i>	30
Tabla 2.7 <i>Proyección poblacional de La Libertad mediante diferentes métodos estadísticos</i>	31
Tabla 2.8 <i>Proyección poblacional de Salinas mediante diferentes métodos estadísticos</i>	32
Tabla 2.9 <i>Tabla comparativa sobre las características de ambas alternativas</i>	34
Tabla 2.10 <i>Valoración de las alternativas en base a sus características en escala del 1 al 5</i>	36
Tabla 3.1 <i>Residuos sólidos producidos en la provincia de Santa Elena</i>	42
Tabla 3.2 <i>Volúmenes diarios y anuales</i>	43
Tabla 3.3 <i>Cálculo de cobertura y relleno sanitario</i>	45
Tabla 3.4 <i>Áreas de relleno y requeridas</i>	46
Tabla 3.5 <i>Áreas de celdas y número de zanjas</i>	56
Tabla 3.6 <i>Datos para el cálculo de áreas transversales</i>	59
Tabla 3.7 <i>Capas del sistema de revestimiento</i>	63
Tabla 3.8 <i>Capas de geosintético GCL</i>	82
Tabla 4.1 <i>Actividades del proyecto y su impacto ambiental</i>	99
Tabla 4.2. <i>Identificación de impactos ambientales</i>	100
Tabla 4.3 <i>Matriz de Leopold (Impacto/Importancia)</i>	101

Tabla 4.4 <i>Resultados Impacto/Importancia</i> .....	102
Tabla 5.1 <i>Rubros del proyecto y su precio unitario</i> .....	106
Tabla 5.2 <i>Cálculo de áreas</i> .....	111
Tabla 5.3 <i>Datos del área del relleno sanitario</i> .....	112
Tabla 5.4 <i>Datos de longitudes de área irregular a cota 30 del proyecto</i> .....	113
Tabla 5.5 <i>Datos de áreas del relleno sanitario</i> .....	116
Tabla 5.6 <i>Datos de Relleno Sanitario</i> .....	124
Tabla 5.7 <i>Datos de GCL de secciones</i> .....	126
Tabla 5.8 <i>Datos de HDPE de secciones</i> .....	128
Tabla 5.9 <i>Datos de Geotextil 500gr de secciones</i> .....	130
Tabla 5.10 <i>Valores de volúmenes de drenaje</i> .....	131
Tabla 5.11 <i>Datos de Geotextil NT 1600 de secciones</i> .....	133
Tabla 5.12 <i>Valores de volúmenes de material de sacrificio (arena)</i> .....	134
Tabla 5.13 <i>Cronograma de obra: Diseño de un relleno sanitario en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena</i> .....	136
Tabla 6.1 <i>Datos de cálculos de proyecciones y volúmenes de residuos sólidos</i> .....	150
Tabla 6.2 <i>Volúmenes de zanjas calculados - Método de zanja</i> .....	151
Tabla 6.3 <i>Dimensiones de Zanja - Método de zanja</i> .....	151
Tabla 6.4 <i>Cálculo de tiempo de maquinaria</i> .....	151
Tabla 6.5 <i>Cálculo de numero de zanja y vida útil - Método de zanja</i> .....	152
Tabla 6.6 <i>Cálculo de áreas y volumen - Método de área</i> .....	152
Tabla 6.7 <i>Cálculo de cantidades</i> .....	153

## **Índice de planos**

PLANO 1 – Distribución de secciones - método de área relleno sanitario

PLANO 2 – Distribución de celdas - método de zanja relleno sanitario

PLANO 3 – Vista en planta y topografía del terreno

PLANO 4 – Detallamiento de fondo de capa base del relleno sanitario

PLANO 5 – Corte longitudinal - Método de zanja o trinchera

PLANO 6 – Corte transversal con detalles - Método de área

PLANO 7 – Vista de planta, cuneta, drenaje pluvial y sistema de lixiviado

PLANO 8 – Detalles de sistema de recolección de lixiviados

# Capítulo 1

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Los botaderos de basura a cielo abierto son sitios utilizados para la disposición final de residuos sólidos sin el tratamiento adecuado, lo que genera un impacto ambiental y social considerable. En los cantones de Santa Elena, Salinas y La Libertad, estos botaderos han sido el método predominante de gestión de desechos por décadas, debido a la falta de infraestructura adecuada para un manejo tecnificado de los residuos.

El incremento poblacional y el crecimiento urbano han aumentado el volumen de residuos generados. Se estima que se generan toneladas de basura diariamente, que incluyen residuos urbanos. Sin embargo, los botaderos no cuentan con sistemas para recolección, separación y tratamiento de residuos, lo que ha dado lugar a problemas como la proliferación de vectores de enfermedades, la emisión de malos olores y la contaminación del suelo, cuerpos de agua y aire.

Aunque en 2014 se planificó un mejor manejo de los residuos sólidos y el cierre de cuatro botaderos en la provincia de Santa Elena, hasta la fecha no ha habido avances significativos. El botadero de Anconcito, que recibe los residuos de los tres cantones mencionados, es uno de los sitios más representativos de esta problemática. No cuenta con sistemas de impermeabilización, recolección de lixiviados ni control de emisiones de biogás, lo que pone en riesgo la salud de las comunidades cercanas y afecta el medio ambiente.

El diseño de rellenos sanitarios ha evolucionado significativamente a lo largo de las últimas décadas, respondiendo a las crecientes demandas de las zonas urbanas y a la necesidad de gestionar de manera sostenible los residuos sólidos. A medida que las poblaciones se concentran en las ciudades, la generación de residuos se incrementa, lo que exige soluciones cada vez más eficientes y seguras para su disposición final.

## **1.2 Descripción del Problema**

El problema principal es la disposición incontrolada de residuos sólidos en los botaderos a cielo abierto en la provincia de Santa Elena, teniendo el botadero ubicado en Anconcito como caso crítico. La falta de implementación de estas medidas ha perpetuado la contaminación del suelo y cuerpos de agua debido a los lixiviados, además de la emisión de biogás no controlada, lo que afecta la calidad del aire y genera malos olores.

Este manejo deficiente ha permitido la proliferación de vectores como mosquitos, ratas y moscas, que transmiten enfermedades poniendo en peligro la salud de las comunidades cercanas. Además, en los botaderos intervienen recicladores informales sin protección, exponiéndose a condiciones insalubres y riesgos de accidentes, sin que existan alternativas formales de reciclaje.

## **1.3 Justificación del Problema**

Al solucionar este problema, la contaminación provocada por la basura acumulada y no tratada seguirá transmitiendo enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla y la leptospirosis que afectarían directamente a las comunidades cercanas donde residen niños, ancianos y recicladores. Además de minimizar la contaminación en cuerpos de agua, suelo y aire. Esta solución de relleno sanitario ordenado y tecnificado tiene potencial de ser replicados en otros sectores.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un relleno sanitario en la parroquia Anconcito, cantón Salinas en la provincia de Santa Elena que garantice la disposición final segura y eficiente de los residuos sólidos urbanos, mediante la aplicación de criterios técnicos y ambientales minimizando los impactos negativos y asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Calcular la producción de residuos sólidos urbanos mediante el análisis de datos existentes para la estimación del volumen de diseño adecuado del relleno sanitario.
2. Determinar los parámetros necesarios a través de ensayos de laboratorio siguiendo la normativa vigente asegurando la conformidad con los estándares de calidad.
3. Diseñar una solución sostenible y eficiente aplicando criterios de ingeniería garantizando el bienestar de la comunidad y la protección del medio ambiente.
4. Elaborar un plan ambiental y un presupuesto detallado para la gestión segura los residuos sólidos reduciendo los impactos negativos.

## **Capítulo 2**

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Revisión de literatura**

#### **2.1.1 Botadero a Cielo Abierto**

Los botaderos a cielo abierto representan una grave amenaza para el medio ambiente y la salud pública. La disposición inadecuada de residuos en estos sitios provoca la contaminación de suelos y aguas subterráneas a través de la lixiviación de sustancias tóxicas (Fonseca & Nuñez, 2015). Además, la emisión de gases de efecto invernadero y compuestos orgánicos volátiles contribuye al cambio climático y a problemas respiratorios en las poblaciones cercanas. La proliferación de vectores como roedores e insectos incrementa el riesgo de enfermedades infecciosas, mientras que la ocupación de grandes extensiones de terreno reduce la disponibilidad de tierras para otros usos (Bhada-Tata & Hoornweg, 2012).

#### **2.1.2 Relleno Sanitarios**

Los rellenos sanitarios son una técnica común para gestionar los residuos sólidos, consistente en depositar capas compactadas de basura sobre un suelo impermeabilizado y cubrirlas con tierra. Esta práctica ofrece ventajas como la rehabilitación de terrenos degradados, una menor inversión inicial comparada con otros métodos, generación de empleo y la posibilidad de aprovechar el metano producido como fuente de energía. (Ulica, 2005). Nacidos en el siglo XX como respuesta a los problemas de salud pública asociados a los botaderos a cielo abierto, los rellenos sanitarios representan un avance significativo en la gestión de residuos sólidos. Estas instalaciones, que confinan los desechos en áreas controladas y los cubren con capas de suelo, han demostrado ser una solución eficaz para prevenir la propagación de enfermedades y proteger el medio ambiente. (Torri, 2017).

### **2.1.3 Tipos de Rellenos Sanitarios**

Según (Jaramillo, 2002) en relación con la disposición final de los residuos sólidos municipales (RSM), se podría proponer tres tipos de rellenos sanitarios:

#### ***2.1.3.1 Relleno Sanitario Mecanizado***

Son instalaciones de gran envergadura, diseñadas específicamente para gestionar grandes volúmenes de residuos sólidos urbanos, superiores a 40 toneladas diarias. Estos proyectos requieren una planificación y ejecución técnica exhaustiva, dado que involucran múltiples factores como la selección del terreno, el diseño de la infraestructura, la adquisición de maquinaria especializada y la gestión de recursos financieros. La complejidad de estos rellenos radica en la necesidad de coordinar diversas operaciones, desde la recepción y compactación de los residuos hasta el control de los procesos y el manejo de los residuos líquidos y gaseosos generados.

#### ***2.1.3.2 Relleno sanitario Semimecanizado***

Cuando una localidad genera entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos municipales (RSM), la operación de un relleno sanitario puede optimizarse mediante la utilización de maquinaria pesada como tractores agrícolas adaptados. Estos equipos permiten mejorar la compactación de los residuos, estabilizar los terraplenes y prolongar la vida útil del relleno.

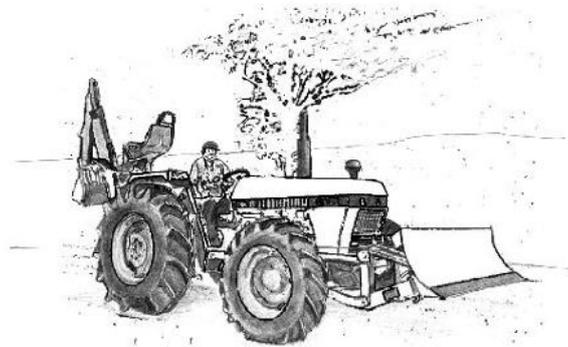
Sin embargo, para volúmenes mayores a 40 toneladas diarias, se recomienda el uso de maquinaria más especializada como tractores de oruga o retroexcavadoras. Además de la compactación, estos equipos pueden utilizarse para diversas tareas en el relleno sanitario, como la excavación de celdas y la cobertura de los residuos. La versatilidad de los tractores agrícolas los hace adecuados también para apoyar las labores de recolección de basura, al poder equiparse con remolques o cajas compactadoras.

### **2.1.3.3 Relleno mecanizado manual**

En comunidades pequeñas con bajos recursos y una producción diaria de basura inferior a 15 toneladas, los rellenos sanitarios manuales son una alternativa viable. Estos rellenos se caracterizan por utilizar mano de obra y herramientas sencillas para compactar y contener los residuos, eliminando la necesidad de maquinaria pesada y costosa.

#### **Figura 2.1**

*Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario*



*Nota.* Datos tomados de (Jaramillo, 2002).

#### **Figura 2.2**

*Rendimiento del cargador de ruedas*



*Nota.* Datos tomados de (Zacari, 2006).

#### **2.1.4 Clase de Relleno Sanitario**

La construcción de un relleno sanitario se adapta a las características del terreno y los recursos disponibles. Existen dos métodos principales: el método de trinchera y el método de áreas. (Rivera, 2011)

- **Método de trinchera:** Ideal para terrenos planos, consiste en excavar zanjas profundas y depositar los residuos en ellas. La tierra extraída se utiliza para cubrir los residuos. Es importante considerar el drenaje para evitar inundaciones, especialmente en épocas de lluvia.
- **Método de áreas:** Se emplea en terrenos planos donde no es posible excavar zanjas. Los residuos se depositan directamente sobre el terreno, creando capas sucesivas que se cubren con tierra. Se pueden aprovechar depresiones naturales o canteras abandonadas para optimizar el espacio.

#### **2.1.5 Residuos Sólidos Lixiviados**

Después de analizar las características de los lixiviados, este apartado se centra en las tecnologías disponibles para su tratamiento. Se revisarán las opciones más comunes, así como los avances más recientes. Dada la complejidad de los lixiviados, que contienen diversos contaminantes (patógenos, materia orgánica, nutrientes y sustancias tóxicas), el tratamiento suele ser complejo y requiere tecnologías específicas. Si bien muchas tecnologías de tratamiento de aguas residuales se han adaptado a los lixiviados, no todas son igualmente efectivas para remover todos los contaminantes. (Giraldo, 2001)

#### **2.1.6 Enfermedades que generan los botaderos a cielo abierto**

Epidemiólogos han investigado exhaustivamente la asociación entre la exposición a contaminantes de vertederos y diversos problemas de salud, incluyendo malformaciones congénitas, bajo peso al nacer y enfermedades respiratorias. Sin embargo, los resultados de estos

estudios a menudo son contradictorios y requieren de más investigación para establecer una relación causal clara. (Rushton, 2003)

La evaluación de los impactos ambientales de la incineración de residuos ha sido objeto de numerosas investigaciones. Estudios como el de (Farmer & Hjerp, 2001) han minimizado el riesgo asociado a las emisiones de las incineradoras modernas, argumentando que las tecnologías actuales permiten controlar de manera efectiva los contaminantes. Sin embargo, otros investigadores, como (Johnston & Santillo, 2001) y (Allsopp et al., 2001), han cuestionado esta afirmación, señalando la persistencia de ciertos contaminantes, como los metales pesados, en el medio ambiente y sus potenciales efectos a largo plazo en la salud humana.

### **2.1.7 Parroquia Anconcito**

En el sector suroccidental de Ecuador, en la provincia de Santa Elena, se encuentra la Parroquia Rural de Anconcito. Famosa por su puerto pesquero, esta localidad ha experimentado un notable crecimiento poblacional debido a la llegada de migrantes atraídos por las oportunidades que ofrece la actividad pesquera. (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2019)

Anconcito abarca una superficie total de 14.97 km<sup>2</sup>, teniendo una población de 15.052 habitantes y una densidad poblacional de 1005.48 habitantes/km<sup>2</sup>. Según el Censo de Población y vivienda (INEC, 2022) Anconcito representa el 0.09% de habitantes a nivel nacional, 3.90% a nivel provincial y 17.34% a nivel cantonal.

La parroquia rural de Anconcito, caracterizada por su actividad pesquera, genera una cantidad significativa de residuos orgánicos. La falta de un sistema de gestión integral de residuos sólidos ha llevado a la acumulación de basura en espacios públicos y privados, generando problemas de salud pública y contaminación ambiental. La irregularidad en la recolección de basura, sumada a la falta de conciencia ciudadana, ha agravado esta situación, requiriendo la implementación de medidas urgentes para mitigar los impactos negativos. (Clemente, 2014)

### **2.1.8 Gestión Segura de Residuos Sólidos**

La generación de residuos es uno de los mayores desafíos en la gestión ambiental actual, agravado por el crecimiento poblacional, la urbanización y el desarrollo económico. En 2012, se generaron 1.3 mil millones de toneladas de residuos al año a nivel mundial, cifra que se espera aumente a 2.2 y 3.4 mil millones para 2025 y 2050, respectivamente. Esta situación es especialmente crítica en los países en desarrollo, donde el crecimiento de los residuos supera al de la población y la economía, generando una carga financiera elevada para las autoridades locales.

### **2.1.9 Otras Soluciones Innovadoras de Relleno Sanitarios**

Las prácticas de gestión de residuos, como reducir, reutilizar, reciclar, rellenos sanitarios e incineración, son fundamentales para el desarrollo sostenible. En este contexto, el aprovechamiento energético de los residuos mediante la extracción de metano, la generación de combustibles derivados o el tratamiento térmico ofrecen importantes oportunidades en los países en desarrollo para convertir los residuos en una fuente de energía. Sin embargo, pese a los avances sociales, económicos y ambientales, las prácticas de disposición final de residuos requieren mejoras para ser efectivas y sostenibles. (Kumari & Raghubanshi, 2023)

El lixiviado de rellenos sanitarios, caracterizado por su alta carga de demanda química y biológica de oxígeno (DQO y DBO), contiene diversos contaminantes orgánicos e inorgánicos que representan un riesgo ambiental y de salud pública. Su composición varía según la antigüedad del relleno, las condiciones climáticas y el tipo de residuos almacenados, lo cual hace que su tratamiento sea un desafío clave en la gestión integral de residuos.

Las técnicas de tratamiento de lixiviados se dividen en métodos biológicos y fisicoquímicos, cada uno con beneficios específicos. Los tratamientos biológicos, como biorreactores y procesos de biorremediación, se han combinado eficazmente con técnicas

fisicoquímicas como la oxidación avanzada, adsorción, y filtración por membrana. Estas combinaciones han logrado eficiencias de remoción de contaminantes de hasta el 90% para el amoníaco y nitrógeno, y mejoras significativas en la eliminación de sólidos suspendidos y metales.

El uso de técnicas combinadas ha mostrado resultados prometedores en la reducción de contaminantes complejos en lixiviados con alta DQO y baja biodegradabilidad. Sin embargo, es necesario continuar con la investigación para optimizar estos métodos y lograr una eficiencia máxima, lo cual permitiría un tratamiento más seguro y sostenible, beneficiando tanto al medio ambiente como a las comunidades cercanas a los rellenos sanitarios. (Mojiri et al., 2020)

## **2.2 Área de estudio**

En el área de estudio del relleno sanitario proyectado en la parroquia de Anconcito, Salinas, provincia de Santa Elena, Ecuador, se analizarán aspectos geográficos, técnicos, geotécnicos, socioeconómicos y ambientales, con el objetivo de proporcionar una base sólida para la toma de decisiones en la planificación y ejecución del proyecto.

El área de estudio se encuentra estratégicamente ubicada en la parroquia de Anconcito, aledaña a la ciudad de Salinas. La zona se caracteriza por estar rodeada de terrenos naturales con arborización, lo que minimiza el impacto visual y sonoro del relleno sanitario. La accesibilidad al sitio es relativamente buena, gracias a la presencia de carreteras de quinto orden en las zonas Norte, Sur y Oeste. Sin embargo, la “Vía Ancón”, ubicada al Este del futuro relleno sanitario, ofrece la principal conexión con otras localidades como “El Tambo”, “San Joaquín”.

Esta vía Ancón, al ser de segundo orden, consta con ampliaciones de espaldones con un ancho de 1.80 m, material de mejoramiento en 1 m de espesor, sub-base de 20 cm de fresado, recapeo en partes seleccionadas de la capa rodadura y carpeta asfáltica de 8 cm, esta vía consta con carriles de 3.60 m, señalización vertical, horizontal y una longitud total de 11 km,

garantizando un acceso fluido para el transporte de residuos sólidos de Santa Elena, Salinas y La Libertad.

Los suelos de la zona costera entre Ancón y Anconcito presentan características arcillosas, lo que implica una baja permeabilidad y una alta capacidad de retención de humedad. La consistencia de estos suelos varía entre media y blanda. Estas características son relevantes para el diseño y construcción de las celdas del relleno sanitario, ya que influyen en la estabilidad de los taludes y también en la generación de lixiviados.

En las inmediaciones del área de estudio se encuentran dos elementos de relevancia: el cementerio "Colinas del Recuerdo" y un club de tiro táctico. Ambos se encuentran a una distancia aproximada de 400 a 500 metros del sitio propuesto para el relleno sanitario. Esta separación garantiza un amortiguamiento de impacto visual, posibles enfermedades y gases adecuado, además de minimizar los potenciales conflictos de uso del suelo.

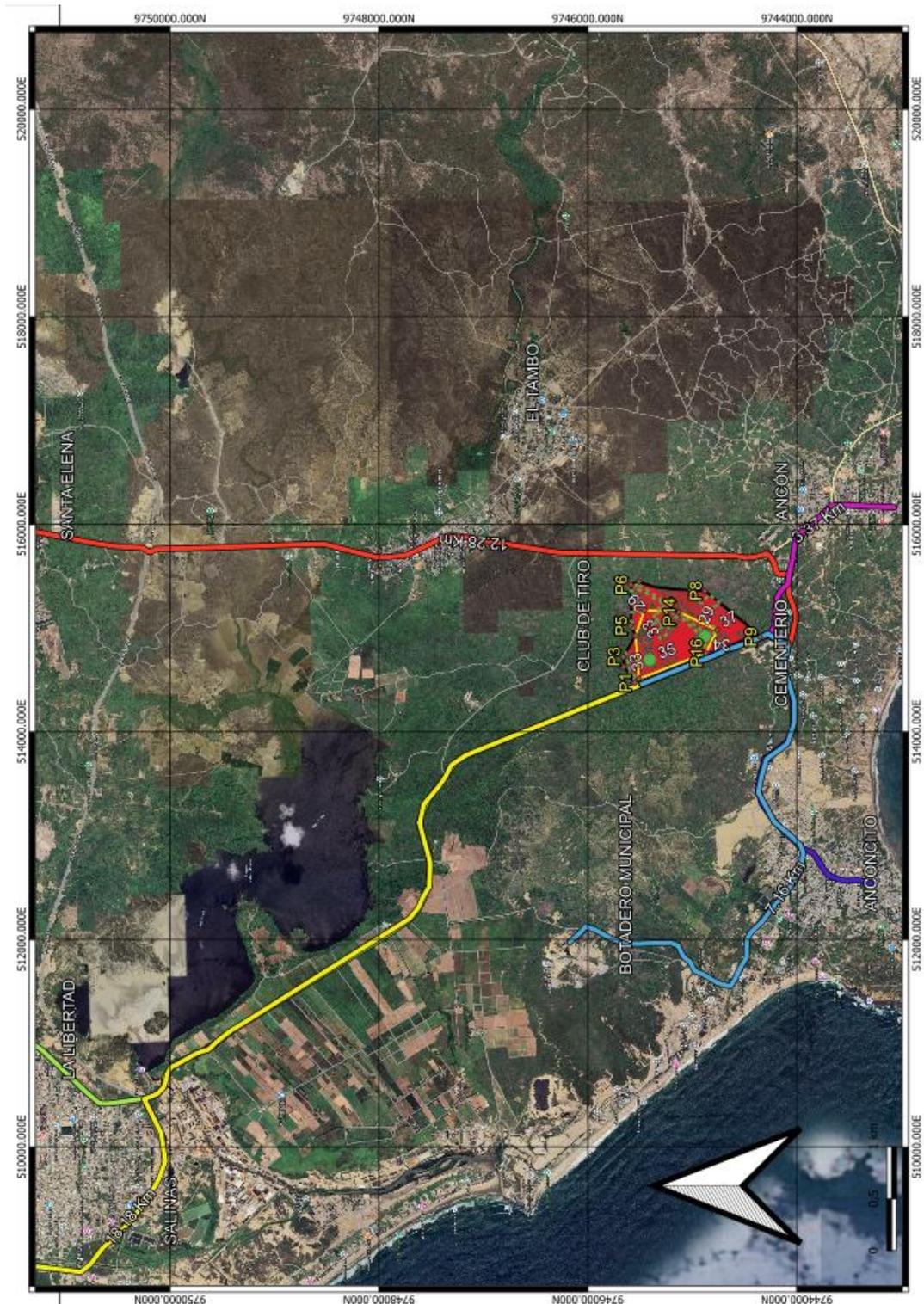
Es importante destacar que el relleno sanitario atenderá la demanda de disposición final de residuos sólidos de los tres cantones de Santa Elena, siendo estos "La Libertad, Santa Elena y Salinas", lo que implica un flujo constante de vehículos de recolección y una generación de residuos considerable.



**Figura 2.4**

*Distancia desde los cantones (Santa Elena, La Libertad, Salinas), parroquias cercanas como Anconcito (Salinas) y Ancón (Santa Elena), y antiguo botadero de basura a cielo abierto al futuro relleno sanitario*

*Nota. Datos tomados de Google Earth y analizados en QGIS.*



El futuro relleno sanitario estará ubicado en las afueras de la parroquia de Anconcito a una distancia aproximada de 4.59 km de donde se encuentra ubicado el actual botadero de residuos sólidos a cielo abierto.

**Tabla 2.1**

*Distancia desde los diferentes cantones y parroquias hasta el futuro relleno sanitario*

<b>Nombre</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud (km)</b>
Salinas-Relleno	18184.48	18.18
La Libertad-Relleno	10311.68	10.31
Santa Elena-Relleno	12284.06	12.28
Ancón-Relleno	4587.52	4.59
Anconcito-Relleno	3371.18	3.37
Botadero-Relleno	7155.76	7.16

En el área de estudio se han podido identificar las siguientes características:

**Tabla 2.2**

*Descripción de los lugares aledaños al futuro relleno sanitario*

<b>Descripción</b>	
Norte	Abundante vegetación y alrededor de 500 m un club de tiro “Tactical Adventure”.
Sur	Cementerio “Colinas del Recuerdo” ubicado a 300 m de distancia del límite del RS.
Este	A 1.5 km del límite del RS se ubica la carretera de 2do orden “vía Ancón”.
Oeste	Poliducto conformado de Oleoducto y Gaseoducto ubicado a 4m del límite del RS.

El área de terreno del relleno sanitario de la topografía es de 735 020.71 m<sup>2</sup> y tiene las siguientes coordenadas, según la UTM ZONA 17S:

**Tabla 2.3***Coordenadas del área de terreno natural*

<b>Punto</b>	<b>Coordenadas (X)</b>	<b>Coordenadas (Y)</b>	<b>Elevación (Z)</b>
P1	514469.77	9745477.25	31.977
P2	514616.40	9745573.07	31.113
P3	514715.22	9745580.73	28.703
P4	514911.08	9745470.37	30.000
P5	515408.18	9745513.62	28.071
P6	515435.51	9745510.68	26.851
P7	515408.18	9745442.30	27.616
P8	515435.51	9744846.51	34.096
P9	514910.67	9744369.52	46.529
P10	514893.28	9744457.56	33.728

Por otro lado, para el área del terreno destinado para el futuro relleno sanitario 339 467.47 m<sup>2</sup>, donde se tienen las siguientes coordenadas:

**Tabla 2.4***Coordenadas del área destinada al relleno sanitario*

<b>Punto</b>	<b>Coordenadas (X)</b>	<b>Coordenadas (Y)</b>	<b>Elevación (Z)</b>
P11	514502.19	9745445.66	30.000
P12	514915.48	9745467.15	30.000
P13	515159.47	9745386.72	30.000
P14	515142.50	9745084.06	30.000
P15	514971.73	9744739.23	30.000
P16	514755.25	9744839.25	30.000

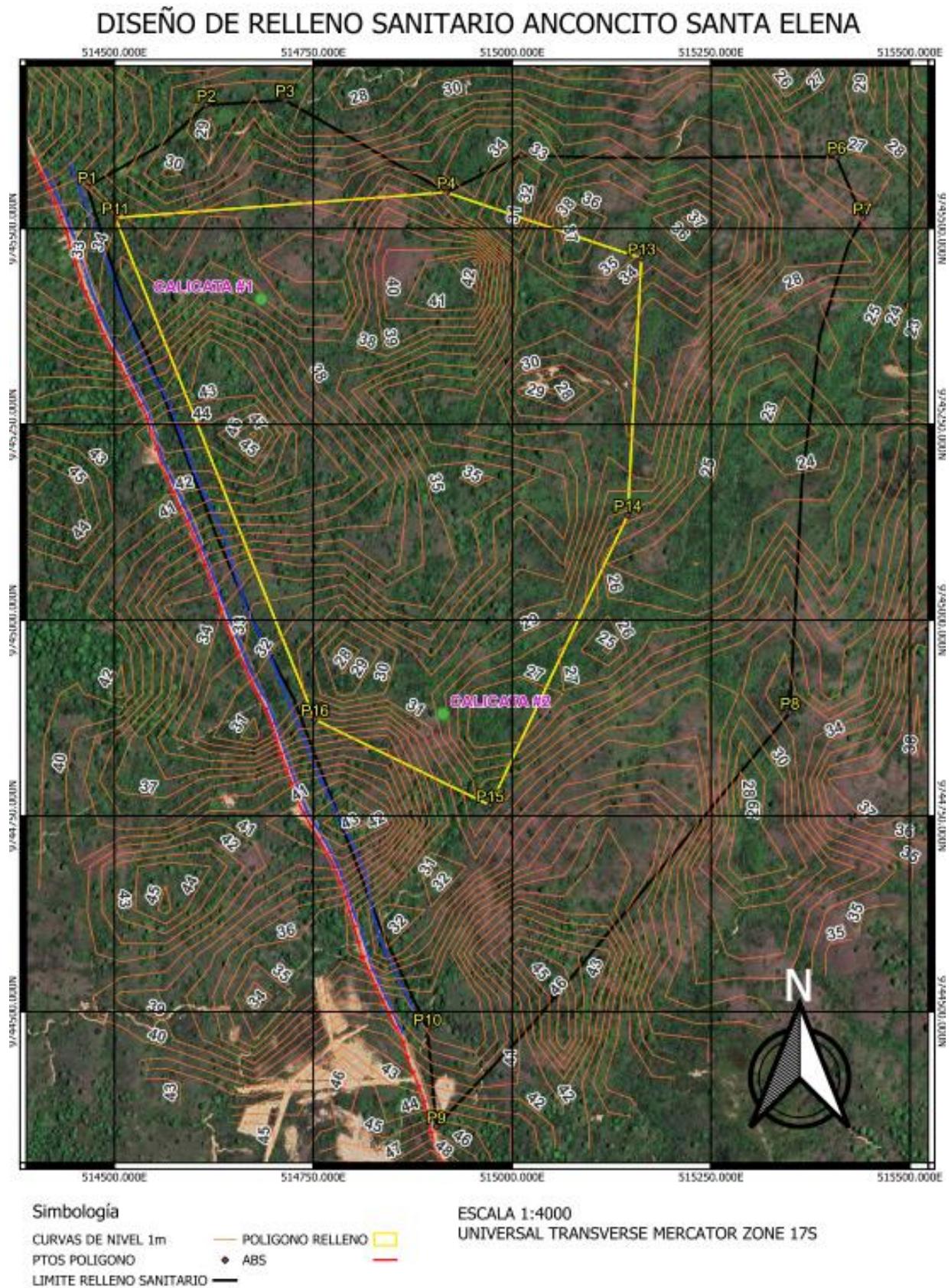
## **2.3 Trabajo de campo y laboratorio**

### **2.3.1 Topografía**

La topografía proporcionada por el cliente presenta un levantamiento detallado del terreno, destacando las curvas de nivel y las características físicas del área de estudio. En el plano también se identifican claramente los puntos donde se realizaron las excavaciones y extracciones de muestras para los estudios de suelo, los cuales serán fundamentales para los análisis posteriores. Esta información será clave para el desarrollo del proyecto, permitiendo una adecuada planificación y toma de decisiones basada en las condiciones reales del sitio.

**Figura 2.5**

*Topografía del Relleno Sanitario*



## Figura 2.6

Coordenadas UTM 17S de las calicatas.

Nota: Datos tomados de QGis.

NOMBRE	UTMX ▲	UTMY
CALICATA 1	514684,36	9745409,98
CALICATA 2	514912,89	9744880,47

### 2.3.2 Ensayos de Suelos

#### 2.3.2.1 Límites de Atterberg

El ensayo de límite líquido, junto con el análisis granulométrico, constituye un pilar fundamental en la caracterización de suelos finos. Su principal objetivo es determinar el contenido de humedad al cual un suelo, previamente moldeado, pasa de un estado semisólido a uno líquido. Este parámetro, conocido como límite líquido, es de vital importancia para la clasificación de los suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), un sistema ampliamente utilizado en ingeniería geotécnica.

Para llevar a cabo este ensayo, se emplea un dispositivo específico denominado cuchara de Casagrande. En este aparato, se coloca una muestra de suelo con un contenido de humedad inicial, formando una pequeña copa. A continuación, se realiza una ranura en la muestra utilizando un ranurador estandarizado. Luego, se somete la copa a una serie de golpes de caída libre desde una altura determinada, lo que provoca que los bordes de la ranura se cierren progresivamente debido a la disminución de la viscosidad del suelo.

La frecuencia con la que se deben aplicar los golpes para que los bordes de la ranura se cierren una distancia específica es variable y depende del contenido de humedad de la muestra. A medida que aumenta el contenido de humedad, se requerirá un menor número de golpes para que la ranura se cierre.

Para determinar el límite líquido, se realizan varias pruebas con diferentes contenidos de humedad iniciales. Los resultados obtenidos se grafican en un sistema de coordenadas semilogarítmico, donde el eje de las abscisas representa el logaritmo del número de golpes y el eje de las ordenadas representa el contenido de humedad. La curva que se obtiene al unir los puntos experimentales se denomina curva de flujo. El punto de intersección de esta curva con la línea horizontal correspondiente a 25 golpes define el valor del límite líquido.

Es importante destacar que el ensayo de límite líquido es un ensayo empírico, es decir, basado en observaciones y mediciones directas. Los resultados obtenidos dependen en gran medida de la técnica utilizada por el operador y de las características del equipo empleado. Por esta razón, es fundamental seguir rigurosamente los procedimientos estandarizados establecidos en las normas técnicas correspondientes.

## Figura 2.7

*Resultados de la prueba de límite líquido para la primera calicata*

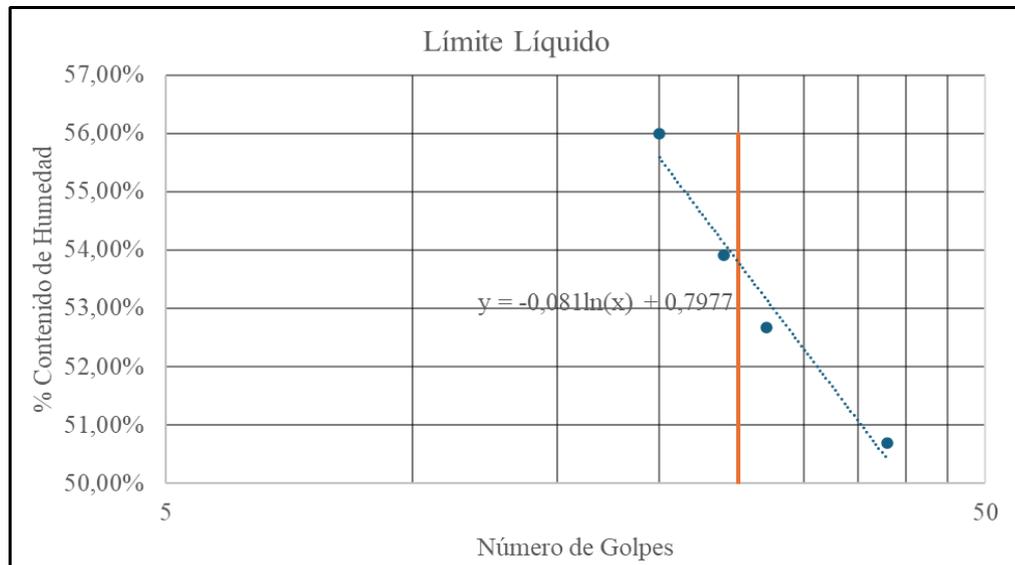
<b>Límite Líquido</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Id del recipiente	90	31	D5F1	43
Masa del recipiente A (g)	6,29	6,34	6,07	6,21
Número de golpes	38	27	24	20
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	16,1	17,5	17,66	12,59
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	12,8	13,65	13,6	10,3
Masa de agua evaporada D = B - C (g)	3,3	3,85	4,06	2,29
Masa de suelo seco E = C - A (g)	6,51	7,31	7,53	4,09
Humedad D/E * 100 (%)	50,69%	52,67%	53,92%	55,99%

<b>Límite Plástico</b>			<b>Índice de Plasticidad</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>		
Id del recipiente	40	75	LL	53,70
Masa del recipiente A (g)	6,09	6,14	LP	18,29
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	10,4	14,6	IP = LL - LP	35,41
Masa del suelo seco + recipiente C (g)	9,86	13,06	<b>Intersección a 25 Golpes</b>	
Masa de agua evaporada D = B - C (g)	0,54	1,54	<b>x</b>	<b>y</b>
Masa de suelo seco E = C - A (g)	3,77	6,92	25	50,0%
Humedad D/E * 100%	14,32%	22,25%	25	56,0%

**Figura 2.8**

Gráfico Límite líquido: Número de golpes vs contenido de humedad para la primera calicata



**Figura 2.9**

Resultados de la prueba de límite líquido para la segunda calicata

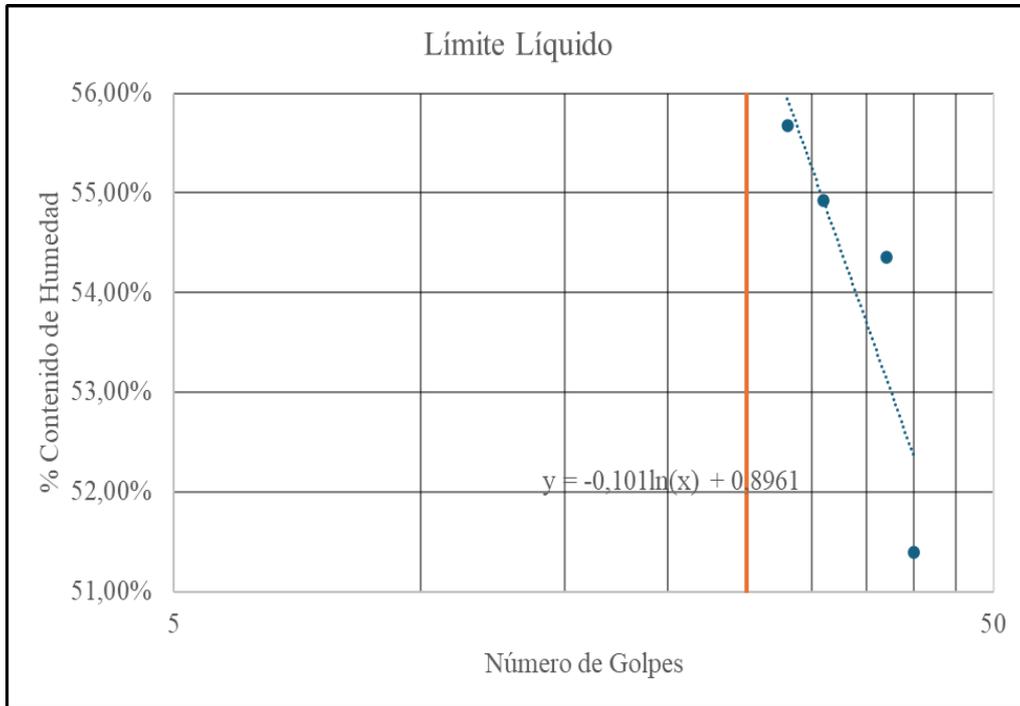
Límite Líquido				
	1	2	3	4
Id del recipiente				
Masa del recipiente A (g)	6,18	6,34	6,33	6,22
Número de golpes	40	37	31	28
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	12,72	12,9	13,1	14,58
Masa de suelo seco + recipiente C (g)	10,5	10,59	10,7	11,59
Masa de agua evaporada D = B - C (g)	2,22	2,31	2,4	2,99
Masa de suelo seco E = C - A (g)	4,32	4,25	4,37	5,37
Humedad D/E * 100 (%)	51,39%	54,35%	54,92%	55,68%

Límite Plástico		Índice de Plasticidad	
	1	2	
Id del recipiente	L13	L14	LL
Masa del recipiente A (g)	6,09	6,26	LP
Masa de suelo húmedo + recipiente B (g)	7,54	8,14	IP = LL - LP
Masa del suelo seco + recipiente C (g)	7,3	7,8	Intersección a 25 Golpes
Masa de agua evaporada D = B - C (g)	0,24	0,34	x
Masa de suelo seco E = C - A (g)	1,21	1,54	25
Humedad D/E * 100%	19,83%	22,08%	25
			y

**Figura 2.10**

*Gráfico Límite líquido: Número de golpes vs contenido de humedad para la segunda calicata*



### **2.3.2.2 Granulometría**

El ensayo de granulometría es una prueba fundamental en la ingeniería geotécnica que nos permite conocer la distribución de tamaños de las partículas que componen una muestra de suelo. En otras palabras, este ensayo nos dice qué proporción de arena, limo y arcilla hay en el suelo. Esta información es crucial para comprender las propiedades y el comportamiento del suelo.

La granulometría es un parámetro de gran importancia en diversos campos de la ingeniería. Por un lado, nos ayuda a clasificar los suelos según sistemas como el SUCS, lo cual es esencial para seleccionar el tipo de cimentación adecuado y predecir el comportamiento del suelo ante diferentes cargas. Por otro lado, la granulometría influye en las propiedades mecánicas del suelo, como la permeabilidad, la compresibilidad y la resistencia al corte.

El ensayo de granulometría se realiza principalmente mediante dos métodos: el tamizado y la sedimentación. El tamizado consiste en hacer pasar la muestra de suelo a través de una serie de tamices con aberturas de malla decreciente. De esta manera, se separan las partículas según su tamaño y se determina la cantidad de material retenido en cada tamiz. La sedimentación, por su parte, se utiliza para determinar el tamaño de las partículas muy finas, como las arcillas, que no pueden ser separadas por tamizado.

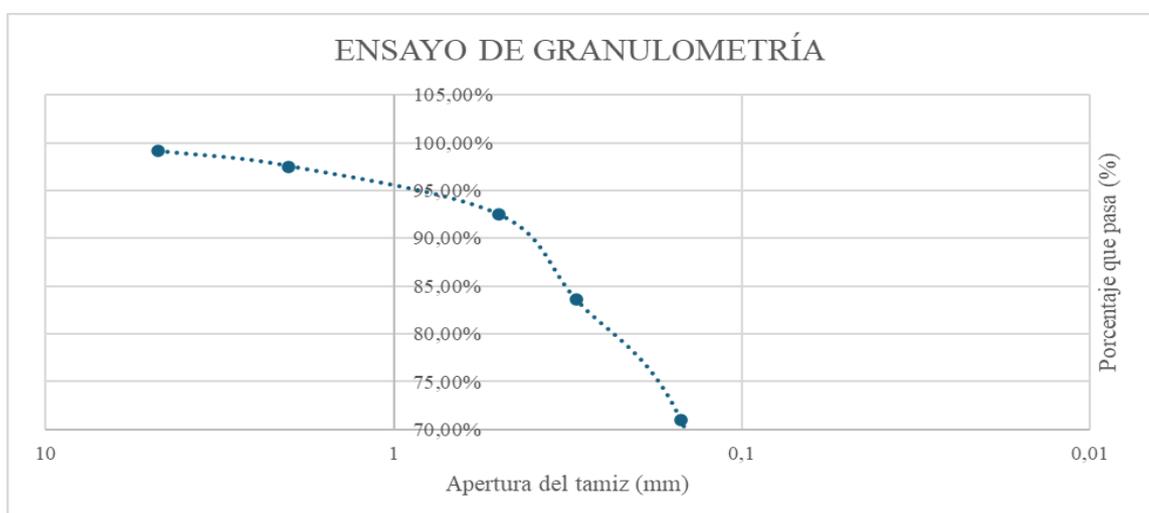
**Figura 2.11**

*Tabla de datos correspondiente al ensayo de Granulometría*

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA					
Proyecto	Diseño de un Relleno Sanitario para la gestión segura de Residuos Sólidos Urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena				
Calicata #	1		Cantidad de muestra seca	171,94	
Profundidad (m)					
#Tamiz	Apertura (mm)	Peso Neto (g)	%retenido	%retenido acumulado	% que pasa
4	4,76	1,5	0,88%	0,88%	99,12%
10	2	2,69	1,59%	2,47%	97,53%
30	0,5	8,54	5,04%	7,51%	92,49%
50	0,3	15,11	8,91%	16,42%	83,58%
100	0,15	21,3	12,56%	28,98%	71,02%
200	0,075	57,5	33,91%	62,88%	37,12%
		60,35	35,59%	98,47%	1,53%
<b>Fondo</b>		2,59	1,53%	100,00%	0,00%
<b>Total</b>		169,58			
<b>Masa inicial (g)</b>	171,94	<b>Masa final (g)</b>	169,58	<b>%error</b>	1,37%

**Figura 2.12**

*Gráfica de porcentaje de pasante vs abertura de tamiz*



### ***2.3.2.3 Compactación Proctor***

El ensayo de compactación Proctor es una prueba fundamental en la ingeniería geotécnica que permite determinar las propiedades óptimas de compactación de un suelo. A través de este ensayo, se obtiene información crucial sobre la relación entre la humedad del suelo y su densidad seca, lo cual es esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas sobre o con ese suelo.

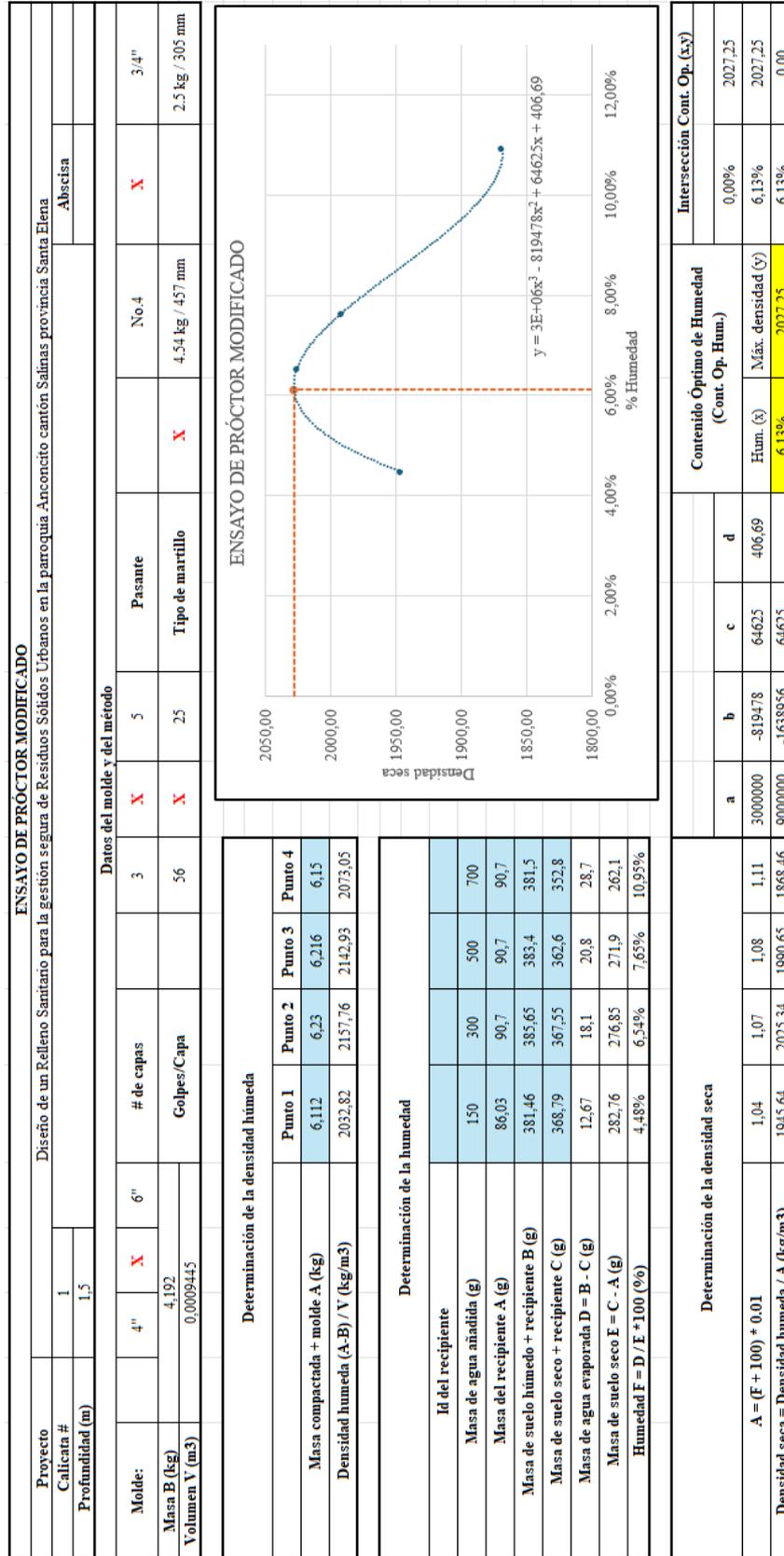
El objetivo principal del ensayo Proctor es encontrar la **humedad óptima** y el **peso unitario seco máximo** de un suelo. La humedad óptima es el contenido de agua que, al compactar el suelo, le permite alcanzar su máxima densidad seca. Por su parte, el peso unitario seco máximo representa la mayor densidad que puede alcanzar el suelo bajo una determinada energía de compactación.

El ensayo Proctor se realiza compactando una muestra de suelo en un molde de dimensiones estándar, aplicando una energía de compactación conocida. Existen dos tipos principales de ensayo Proctor: el **Proctor Estándar** y el **Proctor Modificado**. La diferencia entre ambos radica en la energía de compactación aplicada, siendo el Proctor Modificado más enérgico.

Los resultados del ensayo Proctor se representan gráficamente en una curva que relaciona la humedad del suelo con su densidad seca. El punto más alto de esta curva corresponde a la humedad óptima y al peso unitario seco máximo.

Figura 2.13

Resultados de la prueba de Proctor



## 2.4 Análisis de datos

### 2.4.1 Análisis de Estudio de Suelo.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), desarrollado por Arthur Casagrande y formalizado en la norma ASTM D-2487, es una herramienta fundamental en geotecnia para categorizar los suelos. Este sistema divide los suelos según el tamaño de sus partículas, diferenciando entre suelos gruesos (gravas y arenas) y suelos finos (limos y arcillas). El criterio principal para esta distinción es el porcentaje de material que pasa por el tamiz número 200. Adicionalmente, se utilizan letras como G y S para indicar gravas y arenas, respectivamente, mientras que M, C y O se emplean para limos, arcillas y materiales orgánicos. Las letras W y P se añaden para indicar una buena o mala gradación de los suelos, y L y H se relacionan con la plasticidad de los suelos finos, siendo L para baja plasticidad y H para alta plasticidad.

Considerando que los resultados en las distintas pruebas de laboratorio indicaron que:

- En el ensayo granulométrico, el porcentaje de material retenido entre el tamiz #4 y el tamiz #200 fue del 55.5%.
- En el ensayo de límite líquido, el valor de la primera calicata fue de 53.70% y para la segunda fue de 57.10%.
- El ensayo de límite plástico para la primera calicata fue de 18.29% y para la segunda fue de 20.96%.
- Para ambas muestras de calicatas, se encontró su respectivo valor de índice plástico (resultado de la resta entre el límite líquido y el límite plástico) el cual es 35.41 para la primera calicata y 36.14 para la segunda.
- El valor del contenido de humedad óptimo requerido para la compactación del suelo fue de 223.6 gr.

Los resultados del análisis granulométrico y los límites de Atterberg permiten clasificar el suelo según el SUCS. El porcentaje de material retenido en el tamiz #200 sugiere una clasificación inicial como grava o arena. Sin embargo, el porcentaje de material que pasa el tamiz #4 indica que la fracción predominante corresponde a las arenas. Además, el valor del índice de plasticidad, superior a 50, ubica al suelo dentro del rango de las arcillas de alta plasticidad, siendo representado por la letra **H** en la simbología del SUCS.

Del cálculo del coeficiente de uniformidad, se establece que el valor de este fue de **Cu=1.76** y el valor del coeficiente de gradación fue de **Cc=0.87**

Con los valores anteriormente mencionados, el SUCS establece que la muestra sea clasificada formalmente como “**arena mal graduada con arcilla de alta plasticidad**” denotada por los símbolos **SP-SC**

#### **2.4.2 Proyección poblacional**

Uno de los factores más críticos a considerar es la población proyectada para la zona en el periodo de diseño. En el caso de la provincia de Santa Elena, es fundamental realizar un estudio demográfico a largo plazo. Esta proyección poblacional permitirá determinar con mayor precisión la cantidad de residuos sólidos que se generarán en el futuro, lo cual es esencial para calcular la capacidad necesaria del relleno sanitario. A continuación, se presentan los resultados de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en los años 2001, 2010 y 2022 respectivamente.

**Tabla 2.5**

*Resultados de los últimos tres censos realizados por el INEC*

<b>Cantón</b>	<b>Población 2001</b>	<b>Población 2010</b>	<b>Población 2022</b>
Santa Elena	111 416	143 310	186 687
La Libertad	77 031	95 193	112 247
Salinas	48 927	68 035	86 801

*Nota.* Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2022).

Para determinar la proyección poblacional, se utilizaron tres métodos ampliamente reconocidos en estudios demográficos: el método geométrico, el aritmético y el exponencial.

El método geométrico se basa en suponer que la población crece a una tasa constante anual, calculada a partir de una razón geométrica entre los datos de población inicial y final durante un periodo específico. Este método es particularmente útil cuando se espera un crecimiento proporcional sostenido.

Por otro lado, el método aritmético asume que el crecimiento poblacional ocurre a un ritmo constante en términos absolutos, es decir, se suma una cantidad fija de personas al total de la población cada año. Este enfoque es útil en escenarios donde el crecimiento no se ve afectado significativamente por factores como migración o cambios en las tasas de natalidad y mortalidad.

Finalmente, el método exponencial considera que el crecimiento de la población ocurre a una tasa proporcional al tamaño de la población existente, lo que resulta en un aumento acelerado a lo largo del tiempo. Este método refleja de manera más realista las tendencias de crecimiento poblacional en contextos donde las tasas de natalidad y migración son altas.

A continuación, se presenta una tabla con los resultados de la proyección poblacional para el cantón Santa Elena para un periodo de diseño de 30 años.

**Tabla 2.6**

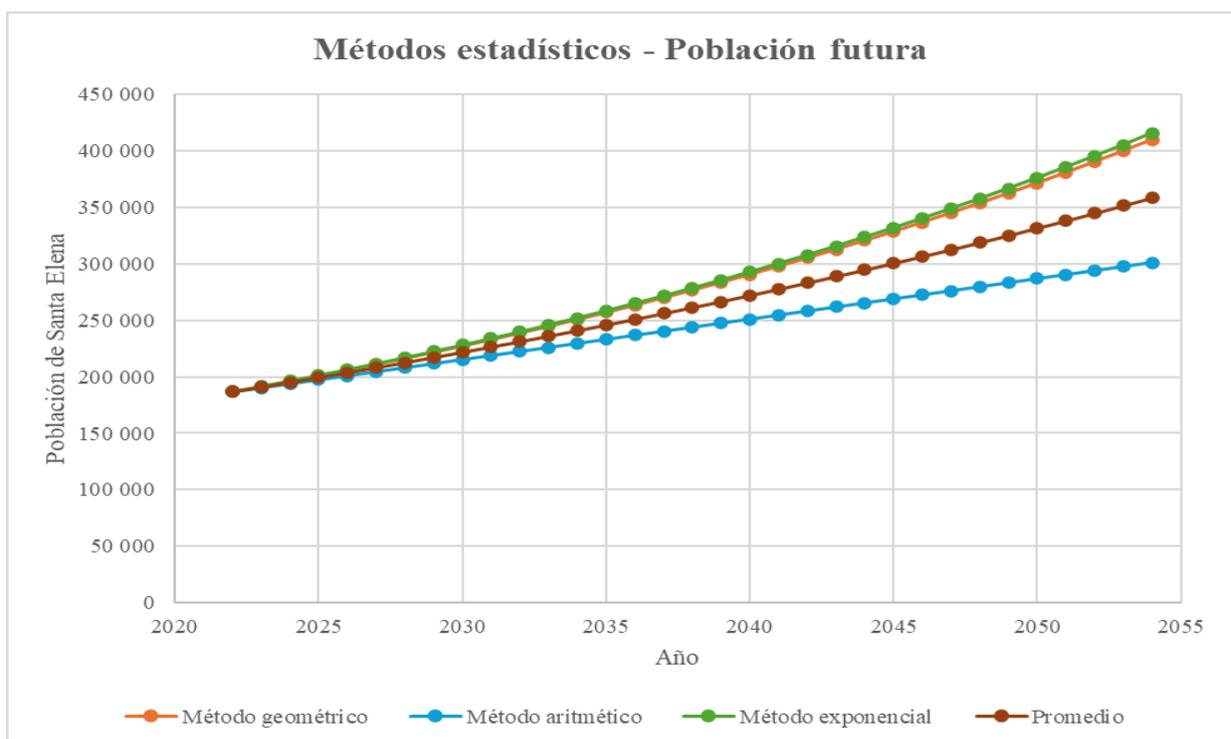
*Proyección poblacional de Santa Elena mediante diferentes métodos estadísticos*

<b>Año</b>	<b>Método geométrico</b>	<b>Método aritmético</b>	<b>Método exponencial</b>
2024	196 095	193 647	196 260
2034	250 980	229 647	252 011
2044	320 609	265 447	323 600
2054	409 946	301 247	415 523

La siguiente gráfica ilustra el comportamiento de la proyección poblacional del cantón Santa Elena según los métodos geométrico, aritmético y exponencial. Es posible observar que los métodos geométrico y exponencial presentan un comportamiento similar, con tasas de crecimiento más dinámicas a lo largo del tiempo, mientras que el método aritmético muestra una tendencia más lineal.

**Figura 2.14**

*Comportamiento de los métodos estadísticos de proyección poblacional en Santa Elena*



El procedimiento de proyección poblacional también se aplicó a los cantones La Libertad y Salinas, empleando los métodos previamente descritos. A continuación, se presentan las tablas de resultados y las gráficas asociadas, que ilustran las tendencias de crecimiento estimadas para un período de diseño de 30 años.

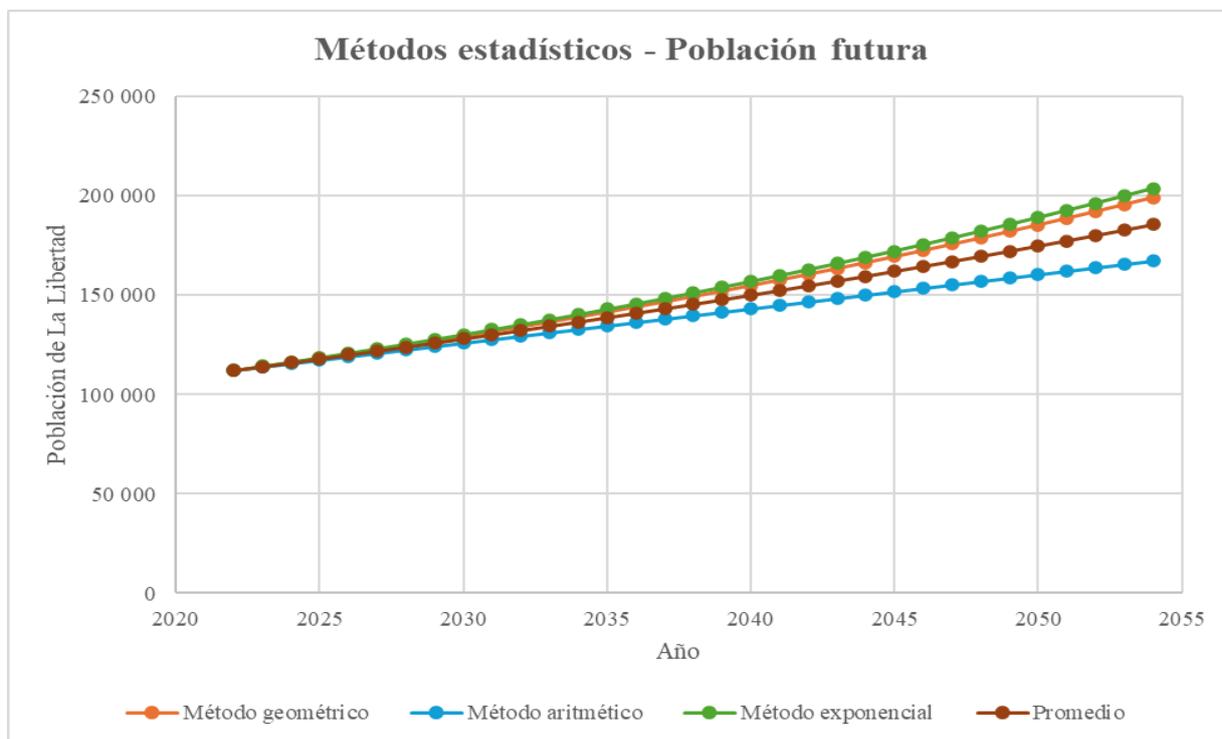
**Tabla 2.7**

*Proyección poblacional de La Libertad mediante diferentes métodos estadísticos*

<b>Año</b>	<b>Método geométrico</b>	<b>Método aritmético</b>	<b>Método exponencial</b>
2024	116 346	115 687	116 507
2034	139 198	132 887	140 363
2044	166 538	150 087	169 103
2054	199 245	167 287	203 725

**Figura 2.15**

*Comportamiento de los métodos estadísticos de proyección poblacional en La Libertad*



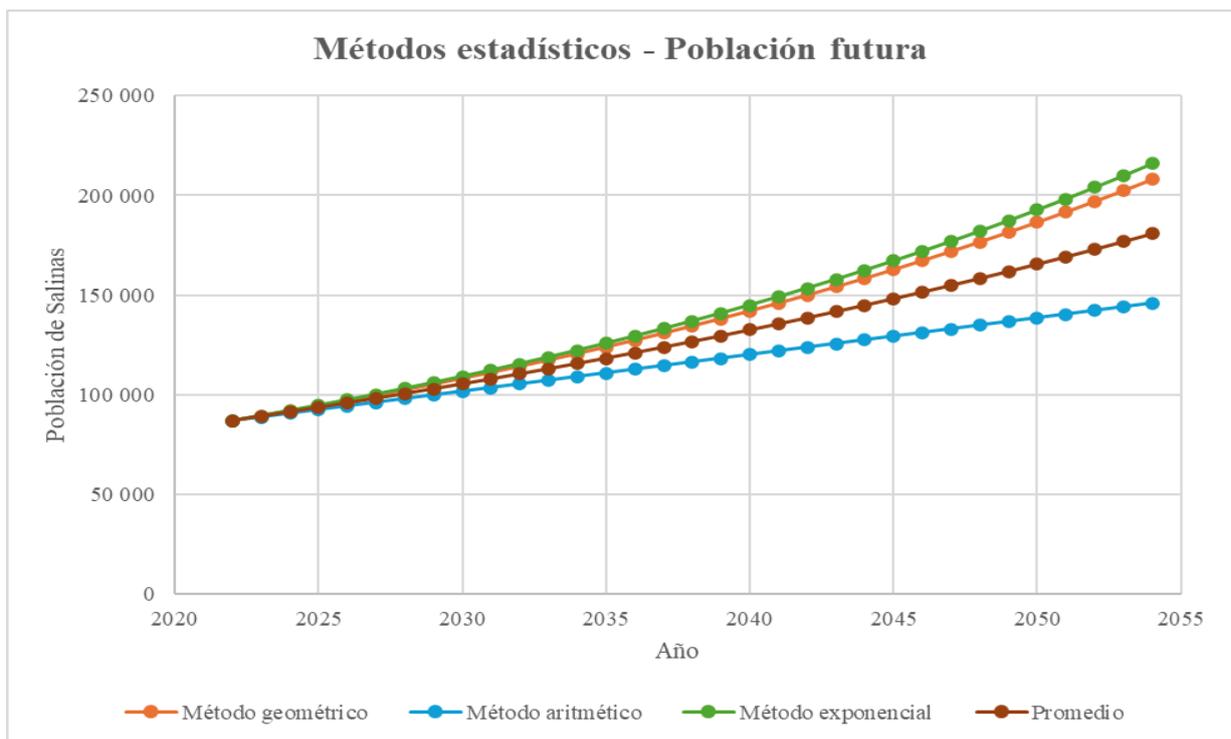
**Tabla 2.8**

*Proyección poblacional de Salinas mediante diferentes métodos estadísticos*

<b>Año</b>	<b>Método geométrico</b>	<b>Método aritmético</b>	<b>Método exponencial</b>
2024	91 673	90 489	91 886
2034	120 454	108 929	122 145
2044	158 270	127 369	162 369
2054	207 956	145 809	215 838

**Figura 2.16**

*Comportamiento de los métodos estadísticos de proyección poblacional en Salinas*



## **2.5 Análisis de alternativas**

### **Alternativa A**

#### **Relleno sanitario con planta clasificadora**

Una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos es una instalación industrial diseñada para separar los diferentes componentes de la basura doméstica, como el plástico, el papel, el vidrio, el metal y el material orgánico. El objetivo principal es recuperar materiales reciclables y reducir la cantidad de residuos que terminan en los vertederos.

La implementación de una planta clasificadora en un relleno sanitario representa un paso significativo hacia una gestión más sostenible de los residuos sólidos. Esta iniciativa no solo reduce el volumen de residuos enviados a disposición final, sino que también promueve la economía circular al recuperar materiales valiosos para su reutilización o reciclaje.

El funcionamiento de una planta clasificadora de residuos depende tanto de la tecnología empleada como del tipo de desechos que se tratan en ella. Sin embargo, en términos generales, el proceso se lleva a cabo en varias etapas clave. En primer lugar, los residuos llegan a la planta a bordo de camiones y son descargados en un área específica destinada para su recepción y almacenamiento.

### **Alternativa B**

#### **Relleno sanitario (clasificación desde el origen)**

La clasificación desde el origen es una estrategia fundamental para minimizar la cantidad de residuos que llegan a un relleno sanitario. Al separar los residuos sólidos en orgánicos e inorgánicos desde su generación, se facilita el aprovechamiento de los orgánicos en procesos de compostaje o producción de biogás, generando beneficios ambientales y económicos, mientras que los inorgánicos reciclables pueden reintegrarse en cadenas productivas, disminuyendo la demanda de materias primas.

Este enfoque no solo reduce significativamente la cantidad de desechos destinados al relleno, sino que también optimiza su gestión al permitir un tratamiento más eficiente y adecuado para cada tipo de residuo. Además, al reducir la cantidad de residuos acumulados, se minimizan problemas como la generación de lixiviados y emisiones de gases, lo que contribuye a prolongar la vida útil del relleno sanitario y a mitigar su impacto ambiental.

Al trabajar en conjunto con la comunidad, los gobiernos y las empresas es esencial para transformar los rellenos sanitarios en un factor de cambio hacia un futuro más limpio y saludable. La participación de la comunidad fomenta la educación ambiental y hábitos responsables, como la separación de residuos en el hogar. Por su parte, los gobiernos tienen el papel clave de implementar políticas públicas, normativas y programas de incentivo que faciliten una gestión adecuada de los desechos, mientras que las empresas pueden liderar iniciativas de reciclaje, innovación tecnológica y adopción de prácticas sostenibles.

Esta colaboración integral no solo optimiza el funcionamiento de los rellenos sanitarios, sino que también impulsa la economía circular al reincorporar materiales reciclables en los procesos productivos y al aprovechar los residuos orgánicos para generar energía o compost. Asimismo, refuerza la responsabilidad ambiental al reducir el impacto negativo de los desechos en los ecosistemas, contribuyendo así al bienestar social y a la sostenibilidad a largo plazo.

**Tabla 2.9**

*Tabla comparativa sobre las características de ambas alternativas*

	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>
<b>Característica</b>	<b>Relleno sanitario con planta clasificadora</b>	<b>Relleno sanitario (clasificación desde el origen)</b>
<b>Ventajas</b>	Aumento de la tasa de reciclaje. Generación de ingresos por la venta de materiales	Reducción significativa del volumen de residuos. Menor impacto ambiental. Ahorro en costos de gestión de

	reciclados. Prolongación de la vida útil del relleno.	residuos.
<b>Desventajas</b>	Requiere una inversión inicial significativa en la construcción y operación de la planta. Depende de la calidad y cantidad de materiales reciclables en los residuos. No elimina la necesidad de un relleno sanitario.	Requiere de una fuerte campaña de educación y concientización ciudadana. Puede ser difícil de implementar en grandes ciudades con alta densidad poblacional.
<b>Impacto ambiental</b>	Reduce el impacto ambiental al disminuir la cantidad de residuos enviados al relleno, pero no elimina por completo los problemas asociados a los rellenos sanitarios.	Menor impacto ambiental al reducir la generación de residuos y la necesidad de recursos naturales.
<b>Costo</b>	Alto costo inicial de inversión, pero puede generar ingresos a largo plazo.	Costo inicial menor, pero requiere de inversiones continuas en educación y programas de incentivos.
<b>Complejidad tecnológica</b>	Requiere de una infraestructura y tecnología especializada.	Requiere de sistemas de recolección selectiva y tecnologías de compostaje, pero en general es menos compleja.
<b>Participación ciudadana</b>	Requiere de cierta participación ciudadana para la separación en el origen, pero el proceso es más automatizado.	Requiere de una alta participación ciudadana y cambios en los hábitos de consumo.

<b>Beneficios</b>	Generación de empleos, valorización de materiales reciclados.	Mejora de la calidad de vida, reducción de la contaminación, fomento de la economía circular.
<b>Desafíos</b>	Contaminación generada por la planta, dependencia de los mercados de reciclaje.	Dificultad para cambiar los hábitos de consumo, resistencia al cambio.

### Selección de alternativa

La selección de alternativas para la gestión de residuos sólidos debe evaluar cuidadosamente los beneficios y desafíos de cada opción. Es fundamental que este proceso se base en un análisis integral que incorpore aspectos económicos, sociales y ambientales para garantizar una solución equilibrada y sostenible. Considerando estos factores, se utiliza una escala de valoración del 1 al 5 donde:

1 representa una calificación “desfavorable”

5 representa una calificación “muy favorable”

**Tabla 2.10**

*Valoración de las alternativas en base a sus características en escala del 1 al 5*

<b>Característica</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>
<b>Ventajas</b>	4	2
<b>Desventajas</b>	3	4
<b>Impacto ambiental</b>	2	5
<b>Costo</b>	1	3
<b>Complejidad tecnológica</b>	1	4
<b>Participación ciudadana</b>	5	1
<b>Beneficios adicionales</b>	4	4
<b>Desafíos</b>	1	3
<b>Total</b>	21	<b>26</b>

En resumen, tras analizar a profundidad las alternativas de relleno sanitario con planta clasificadora y relleno sanitario con clasificación desde el origen, podemos concluir que la **Alternativa B** se presenta como la más favorable.

La clasificación de los residuos desde el origen, al priorizar la minimización de la generación de residuos, ofrece un impacto ambiental significativamente menor. Al disminuir la cantidad de material que llega al relleno sanitario, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación del suelo y del agua, y se conserva una mayor cantidad de recursos naturales.

Si bien la planta clasificadora permite recuperar materiales reciclables y prolongar la vida útil de los rellenos sanitarios, su implementación requiere de una inversión inicial considerable y no aborda el problema de raíz. Por otro lado, la segunda alternativa, al fomentar cambios en los hábitos de consumo y promover la reutilización y el compostaje, ofrece beneficios a largo plazo tanto para el medio ambiente como para la sociedad.

## **Capítulo 3**

### 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

#### 3.1 Diseños

##### 3.1.1 Recolección de residuos

La gestión integral de residuos sólidos es un aspecto fundamental en el diseño de un relleno sanitario eficiente y sostenible. Una de las estrategias clave en este proceso es la separación de residuos urbanos desde su origen, lo que permite optimizar su disposición final y reducir el impacto ambiental.

La segregación de los residuos antes de su disposición final en el relleno sanitario facilita su aprovechamiento y minimiza la cantidad de desechos que requieren confinamiento definitivo. Además, permite la implementación de programas de reciclaje y compostaje, reduciendo la contaminación del suelo, agua y aire.

Para lograr una separación efectiva, se establece un sistema de clasificación basado en el uso de recipientes de diferentes colores, cada uno destinado a un tipo específico de residuo:

- **Blanco:** Contenedor destinado a residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, papel y cartón. Estos materiales pueden ser reciclados y reintroducidos en la cadena productiva, disminuyendo la demanda de recursos naturales vírgenes.
- **Verde:** Contenedor para residuos orgánicos aprovechables, tales como restos de comida, desechos agrícolas y residuos de poda de jardín. Estos desechos pueden ser utilizados para la producción de compost o biogás, promoviendo la economía circular.
- **Negro:** Contenedor para residuos no aprovechables, como papel higiénico, servilletas, papeles y cartones con restos de comida, y papeles metalizados. Estos materiales, al no ser reciclables, deben ser confinados en el relleno sanitario con las medidas de control adecuadas para evitar la contaminación.

El diseño de un sistema de recolección eficiente debe contemplar rutas diferenciadas para cada tipo de residuo, asegurando su transporte adecuado hasta las instalaciones de tratamiento o disposición final. Para ello, se deben considerar los siguientes aspectos:

**Infraestructura diferenciada:** Implementación de camiones especializados para cada tipo de residuo, evitando su mezcla y garantizando su correcto manejo.

**Frecuencia de recolección:** Establecimiento de calendarios de recolección adaptados a la generación de residuos en cada zona, priorizando la recolección frecuente de residuos orgánicos para evitar su descomposición incontrolada.

**Centros de acopio y estaciones de transferencia:** Creación de puntos estratégicos donde los residuos sean clasificados antes de su disposición final, maximizando su valorización.

**Concienciación ciudadana:** Implementación de campañas de educación ambiental para fomentar la participación activa de la población en la separación de residuos desde la fuente.

**Figura 3.1**

*Separación de residuos*



### 3.1.2 Producción de residuos sólidos urbanos

Para calcular la producción de residuos sólidos urbanos, es fundamental conocer la producción per cápita (ppc), que se define como la cantidad de residuos sólidos generados por habitante en un día. Este cálculo requiere información clave, como la cobertura del servicio de aseo urbano y la cantidad de residuos recolectados en una semana.

Si bien la proyección poblacional puede realizarse mediante métodos matemáticos, es más complicado estimar cómo varía anualmente la producción per cápita, ya que no siempre se cuenta con datos precisos para evaluar su evolución.

A pesar de lo anterior, y dado que el desarrollo urbano y comercial incrementa la producción de residuos, se propone calcular la producción per cápita total cada año, considerando un crecimiento anual de entre 0.5% y 1%. Esto nos permitirá obtener una estimación más precisa de la situación actual y futura.

De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), en 2022, la producción per cápita promedio de residuos sólidos en la provincia de Santa Elena fue de 0.9 kilogramos por habitante por día cuyo valor se tomará como un parámetro inicial para los respectivos cálculos. Para determinar la cantidad de residuos sólidos producidos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$RS_p = hab \times ppc \quad (3.1)$$

Donde:

**ppc:** producción per cápita promedio de residuos sólidos de la provincia de Santa Elena

$$RS_p = 402\,338 \text{ hab} \times 0.9 \frac{\text{kg}}{\text{hab/día}} = 362\,104.20 \text{ kg/día}$$

Para un periodo de diseño de T=30 años se obtiene lo siguiente:

**Tabla 3.1***Residuos sólidos producidos en la provincia de Santa Elena*

<b>Año</b>	<b>Habitantes (total provincia)</b>	<b>ppc (kg/hab/día)</b>	<b>Residuos sólidos producidos (kg/día)</b>
2024	402 338	0.9	362 104.20
2034	492 991	0.994	443 691.90
2044	598 988	1.098	539 088.75
2054	724 715	1.213	652 243.05

**3.1.3 Volumen de residuos sólidos**

Para determinar el volumen diario y anual producido del relleno sanitario compactados se utilizan las siguientes ecuaciones, con densidades bajas debido a la operación manual:

$$V_{diario} = \frac{RS_p}{D_{rs}} \quad (3.2)$$

$$V_{anual compactado} = V_{diario} \times 365 \quad (3.3)$$

Donde:

**V<sub>diario</sub>**: Volumen de residuos sólidos por disponer en un día (m<sup>3</sup>/día)

**V<sub>anual compactado</sub>**: Volumen de residuos sólidos en un año (m<sup>3</sup>/año)

**RS<sub>p</sub>**: Cantidad de residuos sólidos producidos (kg/día)

**365**: Equivalente a un año (días)

**D<sub>sr</sub>**: Densidad de residuos sólidos compactados (**400-500 kg/m<sup>3</sup>**), del relleno estabilizado (**500-600 kg/m<sup>3</sup>**) y de relleno suelto (**200-300 kg/m<sup>3</sup>**).

La densidad compactada y la densidad estabilizada de un relleno sanitario son parámetros importantes para el diseño del sistema de disposición final de residuos, la principal diferencia

entre ambas es que la densidad compactada es el peso volumétrico de los residuos sólidos que se alcanza con la compactación homogénea, en cambio para la densidad estabilizada, es la densidad de los residuos después de ser mezclados con aditivos u otros modificadores.

$$V_{diario} = \frac{362104 \left( \frac{kg}{día} \right)}{500 \left( \frac{kg}{m^3} \right)} = 724.21 \frac{m^3}{día}$$

$$V_{anual compactado} = V_{diario} \times 365 = 264336.07 \frac{m^3}{año}$$

**Tabla 3.2**

*Volúmenes diarios y anuales*

<b>Año</b>	<b>V<sub>diario</sub> (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>V<sub>anual</sub> (m<sup>3</sup>/año)</b>
2024	724.21	264 336.07
2034	887.38	323 895.09
2044	1 078.18	393 534.79
2054	1 304.49	476 137.43

Además de tomarse en cuenta el **volumen de residuos anual compactado**, donde se utilizan densidades estimadas de (500-600 kg/m<sup>3</sup>)

$$V_{anual estabilizado} = \frac{RS_p}{D_{rs}} \times 365 \frac{día}{año} \quad (3.4)$$

$$V_{anual estabilizado} = \frac{362104.20 \frac{kg}{día}}{600 \frac{kg}{m^3}} \times 365 \frac{día}{año} = 220280.06 \frac{m^3}{año}$$

El volumen de material de cobertura está conformado por residuos sólidos compactados y el porcentaje de material de cobertura. El material de cobertura, se lo conoce como la capa de

suelo necesaria para cubrir los residuos recién compactados, que para este proyecto será tomada del terreno natural y se calcula como 20% del volumen de basura recién compactada, donde vamos a tener lo siguiente:

$$V_{mc} = V_{anual\ compactado} \times (0.20 \text{ ó } 0.25)\% \quad (3.5)$$

Donde:

**V<sub>anual estabilizado</sub>:** Volumen anual estabilizado (m<sup>3</sup>/año)

**V<sub>mc</sub>:** Material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados (m<sup>3</sup>/año)

$$V_{mc} = 264336 \frac{m^3}{año} \times 0.2\% = 52867.21 \frac{m^3}{año}$$

Con esto finalmente obtendremos el volumen del relleno sanitarios sumando el volumen anual compactado y el material de cobertura con el fin de identificar la vida útil del relleno al comparar con la capacidad volumétrica del sitio.

$$V_{rs} = V_{anual\ compactado} + V_{mc} \quad (3.6)$$

$$V_{rs} = 264336 \frac{m^3}{año} + 52867 \frac{m^3}{año} = 317203 \frac{m^3}{año}$$

Donde:

**V<sub>rs</sub>:** Volumen del relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año)

**V<sub>anual estabilizado</sub>:** Volumen anual estabilizado (m<sup>3</sup>/año)

**V<sub>mc</sub>:** Volumen de material de cobertura

**Tabla 3.3***Cálculo de cobertura y relleno sanitario.*

<b>Año</b>	<b>V<sub>anual compactado</sub> (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>V<sub>anual estabilizado</sub> (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>V<sub>mc</sub> (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>V<sub>relleno sanitario</sub> (m<sup>3</sup>/año)</b>
<b>2024</b>	264 336.07	220 280.06	52867.21	317203.28
<b>2034</b>	357 782.68	298 151.40	71556.34	429338.02
<b>2044</b>	480 187.23	400 156.02	96037.45	576224.67
<b>2054</b>	641 761.31	534 801.09	128352.26	770113.58

**3.1.4 Cálculo del área requerida**

En primer lugar, se calcula el área por rellenar sucesivamente, asumiendo una profundidad de 5 metros, entonces las necesidades de área serán:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}} (m^2) \quad (3.7)$$

Donde:

**V<sub>rs</sub>**: Se refiere al volumen del relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año)

**h<sub>rs</sub>** : Profundidad para el diseño 5m (m)

$$A_{rs} = \frac{317203 \left( \frac{m^3}{año} \right)}{5 m} = 63441 \frac{m^2}{año}$$

Con los datos del área por rellenar vamos a obtener el Área Total que va a ir ocupado el Relleno Sanitario a lo largo de los años de diseño:

$$A_t = F \times A_{RS} (m^2) \quad (3.8)$$

Donde:

**F:** Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40% del área que se deberá rellenar

**A<sub>rs</sub>** : Área requerida (m<sup>2</sup>)

$$A_t = 1.4 \times 63441 \frac{m^2}{año} = 88817 \frac{m^2}{año}$$

**Tabla 3.4**

*Áreas de relleno y requeridas*

<b>Año</b>	<b>Arellenar(m<sup>2</sup>)</b>	<b>A<sub>total</sub> requerida (m<sup>2</sup>)</b>
2024	63441	88817
2034	85868	120215
2044	115245	161343
2054	154023	215632

**Figura 3.2**

*Cálculos de Proyecciones y áreas requeridas*

Año	Santa Elena	Salinas	La Libertad	ppc	DSd residuos sólidos producidos (kg/día)	volumen diario (m <sup>3</sup> /día)	volumen anual compactado (m <sup>3</sup> /año)	Volumen de residuos anual estabilizado(m <sup>3</sup> /año)	Volumen del material de cobertura (m <sup>3</sup> /año)	volumen relleno sanitario (m <sup>3</sup> /año)	volumen total ocupado durante vida útil (m <sup>3</sup> /año)	Área por relleno (m <sup>2</sup> )	Área total requerida (m <sup>2</sup> )
2024	195.054	91.188	116.097	0,900	362.104	724	264.336	220.280	44.056	264.336	264.336	52.867	74.014
2025	199.328	93.436	118.053	0,909	373.432	747	272.606	227.171	45.434	272.606	536.942	54.521	76.330
2026	203.666	95.723	120.029	0,918	385.063	770	281.096	234.246	46.849	281.096	818.037	56.219	78.707
2027	208.068	98.050	122.026	0,927	397.004	794	289.813	241.511	48.302	289.813	1.107.850	57.963	81.148
2028	212.536	100.417	124.044	0,937	409.265	819	298.764	248.970	49.794	298.764	1.406.614	59.753	83.654
2029	217.072	102.825	126.084	0,946	421.857	844	307.955	256.629	51.326	307.955	1.714.569	61.591	86.227
2030	221.677	105.277	128.146	0,955	434.787	870	317.395	264.495	52.899	317.395	2.031.964	63.479	88.870
2031	226.354	107.772	130.231	0,965	448.067	896	327.089	272.574	54.515	327.089	2.359.053	65.418	91.585
2032	231.103	110.313	132.339	0,975	461.707	923	337.046	280.872	56.174	337.046	2.696.099	67.409	94.373
2033	235.928	112.901	134.470	0,984	475.719	951	347.275	289.396	57.879	347.275	3.043.374	69.455	97.237
2034	240.829	115.537	136.625	0,994	490.112	980	357.782	298.151	59.630	357.782	3.401.156	71.556	100.179
2035	245.810	118.223	138.805	1,004	504.899	1.010	368.576	307.147	61.429	368.576	3.769.732	73.715	103.201
2036	250.871	120.959	141.009	1,014	520.091	1.040	379.667	316.389	63.278	379.667	4.149.399	75.933	106.307
2037	256.015	123.748	143.239	1,024	535.702	1.071	391.062	325.885	65.177	391.062	4.540.461	78.212	109.497
2038	261.244	126.591	145.494	1,035	551.742	1.103	402.772	335.643	67.129	402.772	4.943.232	80.554	112.776
2039	266.560	129.489	147.776	1,045	568.226	1.136	414.805	345.671	69.134	414.805	5.358.037	82.961	116.145
2040	271.965	132.444	150.084	1,055	585.167	1.170	427.172	355.977	71.195	427.172	5.785.209	85.434	119.608
2041	277.461	135.458	152.420	1,066	602.579	1.205	439.883	366.569	73.314	439.883	6.225.092	87.977	123.167
2042	283.052	138.532	154.783	1,077	620.477	1.241	452.949	377.457	75.491	452.949	6.678.040	90.590	126.826
2043	288.738	141.669	157.175	1,087	638.876	1.278	466.379	388.649	77.730	466.379	7.144.420	93.276	130.586
2044	294.524	144.869	159.595	1,098	657.791	1.316	480.187	400.156	80.031	480.187	7.624.607	96.037	134.452
2045	300.410	148.135	162.045	1,109	677.237	1.354	494.383	411.986	82.397	494.383	8.118.990	98.877	138.427
2046	306.400	151.469	164.524	1,120	697.232	1.394	508.980	424.150	84.830	508.980	8.627.969	101.796	142.514
2047	312.497	154.873	167.034	1,131	717.793	1.436	523.989	436.658	87.332	523.989	9.151.958	104.798	146.717
2048	318.702	158.348	169.575	1,143	738.937	1.478	539.424	449.520	89.904	539.424	9.691.383	107.885	151.039
2049	325.020	161.897	172.148	1,154	760.684	1.521	555.299	462.749	92.550	555.299	10.246.682	111.060	155.484
2050	331.452	165.522	174.753	1,166	783.051	1.566	571.627	476.356	95.271	571.627	10.818.309	114.325	160.056
2051	338.001	169.225	177.390	1,177	806.058	1.612	588.422	490.352	98.070	588.422	11.406.731	117.684	164.758
2052	344.671	173.008	180.061	1,189	829.725	1.659	605.699	504.750	100.950	605.699	12.012.431	121.140	169.596
2053	351.465	176.873	182.766	1,201	854.073	1.708	623.474	519.561	103.912	623.474	12.635.904	124.695	174.573
2054	358.385	180.824	185.506	1,213	879.125	1.758	641.761	534.801	106.960	641.761	13.277.666	128.352	179.693

### **3.1.5 Diseño de Taludes**

#### ***3.1.5.1 Taludes en corte***

Considerando que los terrenos ideales para rellenos sanitarios manuales presentan baja permeabilidad (como mezclas de arena fina, limo y arcilla) y cortes de poca profundidad, no es habitual realizar análisis detallados de estabilidad de taludes. Para optimizar el diseño, se sugiere utilizar taludes únicos para cortes bajos y, en casos de mayor altura, evaluar la conveniencia de taludes múltiples o bermas intermedias. A continuación, se exponen lineamientos generales basados en las mejores prácticas internacionales para la definición de taludes.

Según el Manual de Procedimientos Soluciones Geotécnicas y Civiles (SGC) antes de realizar una excavación en primer lugar se debe realizar un estudio de suelo para poder identificar qué tipo de suelo donde se va a trabajar:

##### **3.1.5.1.1 Tipos de Suelo**

- **Tipo A**

Son fuertemente consolidados con una resistencia a la compresión de 144 kPa.

Ejemplos: la arcilla, arcilla limosa, arcilla arenácea, greda y en algunos casos, greda de arcilla limosa y greda de arcilla arenácea.

- **Tipo B**

Son suelos moderadamente consolidados con una resistencia a la compresión mayor de 48 kPa, pero menor de 144 kPa. Ejemplos: la grava, limo, tierra negra de limo.

- **Tipo C**

Son suelos inestables con una resistencia a la compresión de menos de 48 kPa.

Ejemplos: la grava, arena y arena arcillosa, suelo sumergido, suelo del cual filtra agua y roca sumergida que no es estable

### Figura 3.3

Taludes recomendados en corte, Secretaría de Obras Públicas, SGC

TABLA DE TALUD		
Relación máximo admisible para excavaciones menores de 20 pies <sup>1</sup> (6m) de profundidad		
Tipo de Suelo	Relación H/V	Angulo
Roca Estable	Vertical	90° <sup>2</sup>
Tipo A	¾:1	53°
Tipo B	1:1	45°
Tipo C	1 ½ :1	34°

Para el proyecto según la clasificación daad por la SUCS, tenemos un suelo tipo SC indicando que estamos tratando con una “**Arena arcillosa**”, según la tabla estamos tratando de un suelo **TIPO C** con una realción H/V de **1.5/1** y un ángulo de **34°** recomendado para excavaciones hasta 6 metros de profundidad.

Para garantizar la estabilidad y seguridad del relleno sanitario, se ha determinado utilizar una relación H/V de 1.5/1 en el diseño de los taludes. Esto significa que por cada metro de altura (V) del relleno, se proyectarán 1.5 metros de distancia horizontal (H) en el talud. Esta relación específica es ideal para el tipo de suelo presente en el sitio, clasificado como arena arcillosa (suelo tipo C). La profundidad de cada celda se ha establecido en 5 metros, lo que, considerando la relación H/V, implica una distancia horizontal del talud de 7.5 metros. Esta configuración del talud, adaptada a las características del suelo, minimiza el riesgo de deslizamientos y garantiza la integridad estructural del relleno a largo plazo.

#### 3.1.6 Método de diseño por zanja o trinchera

Para asegurar una gestión adecuada de los residuos sólidos municipales (RSM) y prevenir la contaminación ambiental, se recomienda utilizar maquinaria arrendada para la excavación de zanjas temporales. Estas zanjas deben tener una vida útil de entre 60 y 90 días, y su excavación debe planificarse con anticipación para evitar interrupciones en el servicio. Al contar con un

equipo siempre disponible, se podrá realizar la disposición final de los RSM de manera oportuna y segura, evitando la creación de botaderos a cielo abierto.

### 3.1.6.1 Volumen de la zanja

Partiendo de la vida útil de la zanja, se obtiene el volumen de excavación y el tiempo requerido de la maquinaria:

$$V_z = \frac{t \times DS_r \times m. c.}{D_{rsm}} \quad (3.9)$$

Donde:

**V<sub>z</sub>**: Volumen de zanja (m<sup>3</sup>)

**t**: Tiempo de vida útil (días)

**D<sub>sr</sub>**: Cantidad de RSM recolectados (kg/día)

**V<sub>mc</sub>**: Material de cobertura (20-25% del volumen compactado)

**D<sub>rs</sub>**: Densidad de los RSM en el relleno (kg/m<sup>3</sup>)

$$V_z = \frac{75(\text{días}) \times 879125.09 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times 0.9\%_{\text{cobertura}} \times 1.2\%_{\text{mc}}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{día}}} = 142418 \text{ m}^3$$

### 3.1.6.2 Dimensiones de la zanja

Las dimensiones de las zanjas variarán según las condiciones del terreno la maquinaria disponible. La profundidad oscilará **entre 2 y 4 metros**, mientras que el ancho se establecerá **entre 3 y 6 metros**. Esta configuración optimiza la operación, al permitir acumular la tierra excavada y descargar los residuos en lados opuestos de la zanja. Así, se reducen los desplazamientos y se aumenta la productividad.

### 3.1.6.3 Tiempo de maquinaria

La elección de la maquinaria adecuada, considerando su potencia, sistema de tracción y el operador capacitado, es fundamental para optimizar los tiempos de excavación y movimiento de tierra, especialmente en suelos difíciles.

$$t_{exc} = \frac{V_z}{R \times J} \quad (3.10)$$

Donde:

**T<sub>exc</sub>**: Tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja (días)

**V<sub>z</sub>**: Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>)

**R**: Rendimiento de excavación del equipo pesado (m<sup>3</sup>/hora)

**J**: Jornada de trabajo (horas/día)

$$t_{exc} = \frac{142418 \text{ m}^3}{14 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 5_{excavadoras} \times \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 254 \text{ días} = 8 \text{ meses}$$

### 3.1.6.4 Vida útil del terreno

Para determinar el área requerida para un relleno sanitario, es indispensable conocer la profundidad promedio a la que se dispondrán los residuos. No obstante, en la mayoría de los casos se busca evaluar la capacidad de un terreno específico. En el método de zanja, tras calcular el volumen de cada zanja, se debe considerar un factor de ampliación para incluir espacios adicionales como caminos internos y sistemas de impermeabilización. Este cálculo permitirá estimar el número de zanjas que pueden ubicarse en el terreno y, en consecuencia, su vida útil.

$$n = \frac{A_t}{F \times A_z} \quad (3.11)$$

Donde:

**n:** Número de zanjas

**A<sub>t</sub>:** Área total del terreno (m<sup>2</sup>)

**F:** Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20%-40%)

### ***3.1.6.5 Plan de trabajo de Método de diseño por zanja o trinchera***

El relleno sanitario ha adoptado una configuración geométrica que lo asemeja a un gran trapecio. Esta forma irregular, pero calculable, se ha generado a partir del proceso de disposición de los residuos. Las dimensiones actuales del trapecio que representa el área total del relleno son las siguientes: la base mayor (B) mide 612.4 metros, la base menor (b) alcanza los 252.9 metros, y la altura (h) se extiende a lo largo de 572 metros. Estas medidas proporcionan una representación precisa de la extensión superficial del relleno sanitario en su estado actual.

Se empleará un método de construcción secuencial en cinco etapas, identificadas como secciones A, B, C, D y E, para aprovechar al máximo el terreno. Iniciando en la zona adyacente a la laguna de lixiviados, esta estrategia permitirá optimizar los procesos constructivos. Cada sección, con un ancho que oscila entre 73 y 88 metros (de acuerdo con los taludes establecidos), contribuirá a la conformación final del relleno sanitario.

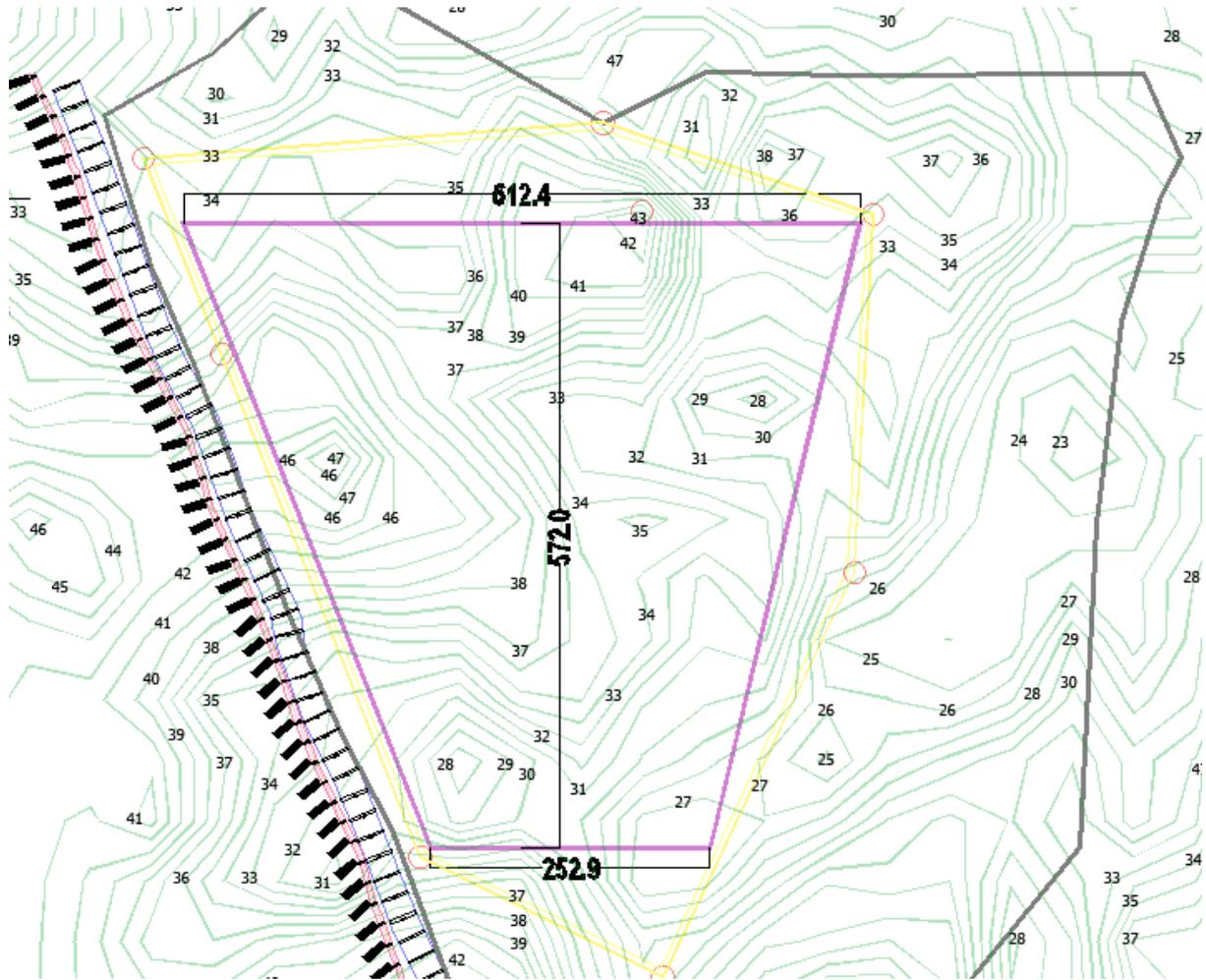
Cada sección se dividirá en celdas individuales, denominadas trincheras, con dimensiones mínimas de 6 metros de ancho en la base y 4 metros de profundidad. Estas trincheras, separadas entre sí por un espacio libre de 1 metro, serán excavadas con taludes de seguridad que garanticen la estabilidad de las paredes y eviten desprendimientos. El fondo de cada trinchera contará con una capa de material impermeable para contener los lixiviados y evitar la contaminación del suelo subyacente.

Esta configuración facilitará las operaciones y permitirá un manejo eficiente del espacio. Asimismo, se construirá una laguna de lixiviados, cuyo diseño se basará en los cálculos

detallados del método. Todas las instalaciones cumplirán rigurosamente con las normativas de seguridad establecidas en la bibliografía especializada.

**Figura 3.4**

*Área total por utilizarse para el relleno sanitario*



Para el cálculo del área total utilizaremos la fórmula utilizada para trapecios

$$A_t = \frac{B + b}{2} \times h \quad (3.12)$$

$$A_t = \frac{612.4 \text{ m} + 252.9 \text{ m}}{2} \times 572 \text{ m} = 247475.80 \text{ m}^2$$

Donde:

**A<sub>t</sub>**: Área Total del relleno sanitario.

**B**: Base mayor del área del relleno sanitario.

**b**: Base menor del área del relleno sanitario.

**h**: Distancia entre bases del área del relleno sanitario.

Para la vida útil estará dada por:

$$V_u = \frac{(t_z \times n)}{365} \quad (3.13)$$

Donde:

**V<sub>u</sub>**: Vida útil del terreno (años)

**n**: número de zanjas o trincheras

**t<sub>z</sub>**: Tiempo de servicio de la zanja (días)

$$V_u = \frac{75 \text{ días} \times 15 \text{ zanjas}}{365} = 3 \text{ años} \times \text{zanja}$$

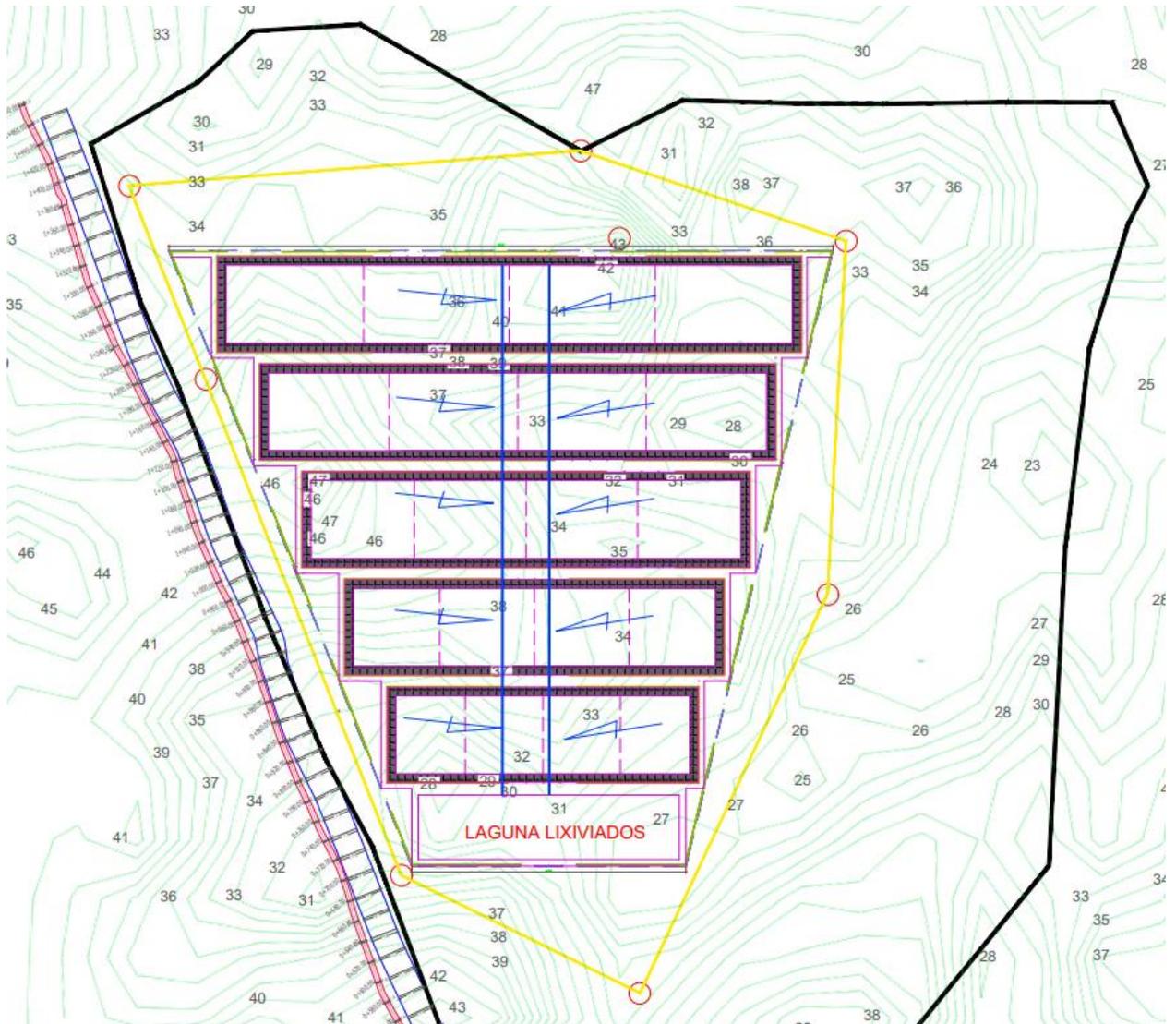
$$V_u = \frac{75 \text{ días} \times 15 \text{ zanjas}}{365} = 3 \text{ años} \times \text{zanja}$$

Teniendo como ejemplo explicativo de cómo se emplean la formula, con el fin de saber el tiempo de vida útil que va a tener cada una de las celdas

A continuación, se mostrará la distribución de celdas propuestas:

**Figura 3.5**

*Distribución de celdas y laguna de lixiviados*



Para calcular las áreas de cada celda, se propuso una distribución que permitiera que el largo de cada celda sea el mismo siendo **88 m desde la parte más alta de la celda y 73 m desde lo más bajo cuando se respeta los taludes** para cada una la única variación que existe es con respecto al ancho.

Entonces vamos a obtener las siguientes áreas y número de zanjas para cada celda a continuación:

**Tabla 3.5**

*Áreas de celdas y número de zanjas*

	<b>Área <math>A_z</math> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vu (vida útil en años)</b>
A	19793.58	2
B	24286.03	2
C	26973.20	2
D	33561.06	2
E	38148.91	2

### **3.1.7 Método de diseño por área**

Este método es adaptable a diferentes condiciones topográficas, permitiendo construir el relleno sanitario tanto en terrenos planos como en zonas deprimidas. Tanto que ofrece una variedad de metodologías para determinar la capacidad máxima del sitio.

#### ***3.1.7.1 Cálculo de la capacidad volumétrica del sitio***

La determinación precisa de la capacidad volumétrica es un aspecto fundamental en el diseño y planificación de un relleno sanitario. Este parámetro establece el límite físico para la disposición de residuos y define la vida útil proyectada del sitio. La capacidad volumétrica se calcula considerando el área del terreno, la altura máxima permitida para el relleno, la densidad de los residuos y los factores de compactación, entre otros.

Existen dos métodos para realizar este tipo de cálculo:

- Volúmenes de gran longitud y poca anchura
- Volúmenes de gran extensión (extensos en ambas direcciones)

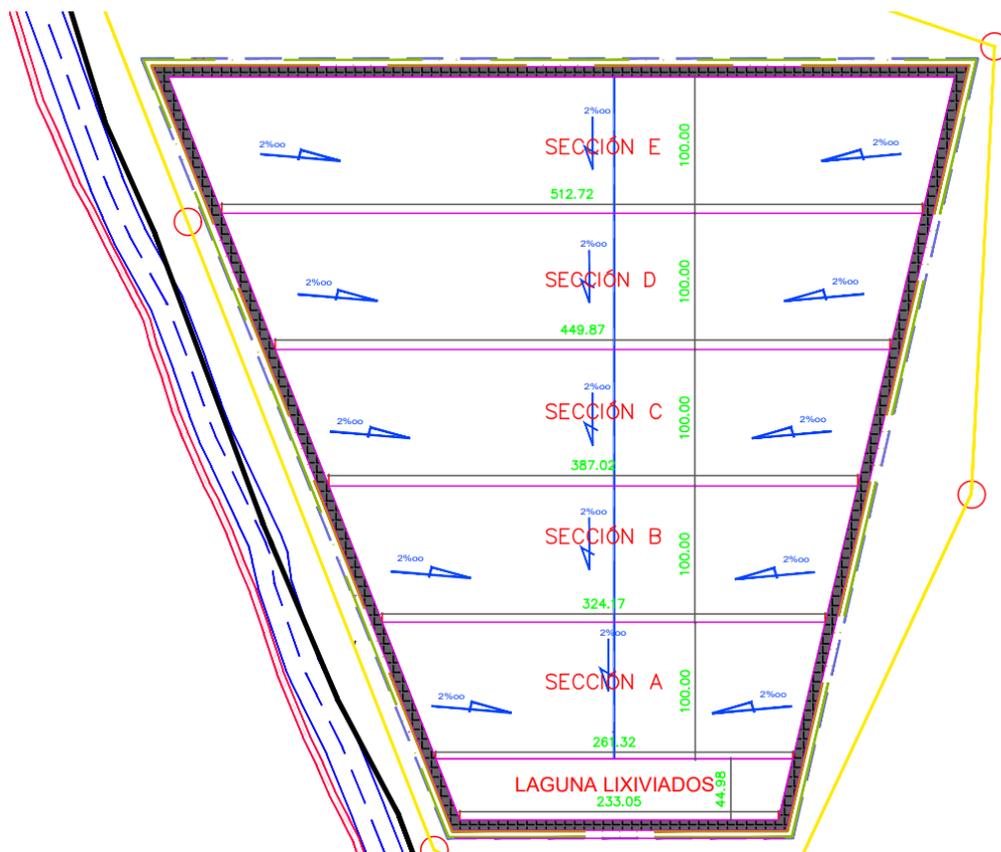
### 3.1.7.2 Volúmenes de gran longitud (alrededor de un eje)

Por lo general, el trabajo de campo en esta categoría de determinación de volúmenes comprende la Para calcular volúmenes en terreno, se emplea el método de secciones transversales.

Se generan perfiles transversales a intervalos regulares a lo largo de la alineación del proyecto. Posteriormente, se calculan las áreas de estas secciones y se aplica un método de integración numérica, como la regla de Simpson o del prismoide, para determinar el volumen total.

**Figura 3.6**

*División de secciones transversales - Método de área*

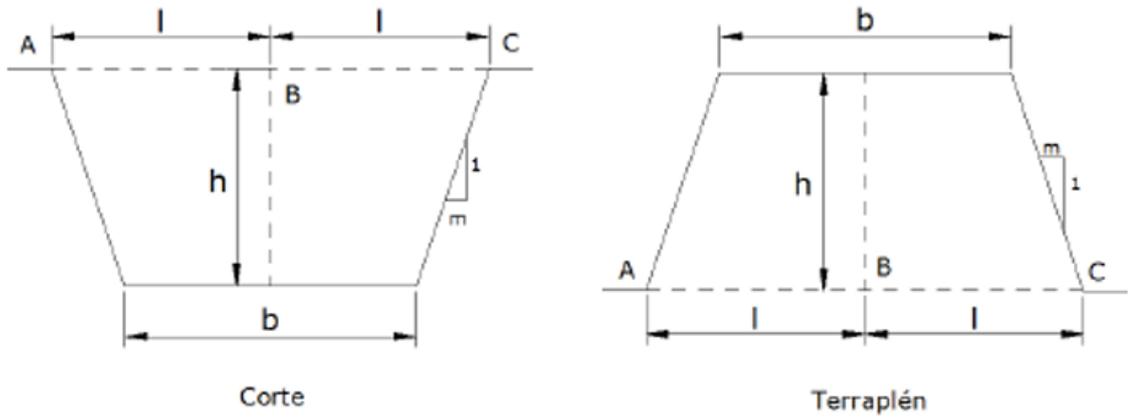


Todas las secciones presentarán una longitud constante de 100 metros. Sin embargo, sus áreas transversales diferirán debido a la geometría trapezoidal del terreno. Se procederá al cálculo del área de cada sección transversal.

Para el cálculo del área transversal se utilizará la siguiente ecuación:

### Figura 3.7

*Cálculo de área transversal*



$$A_t = \frac{(B + b)}{2} \times h \quad (3.14)$$

Donde:

**h:** Altura o profundidad

**b:** Ancho de la corona

**l:** Ancho lateral

**m:** Talud o pendiente

$$A_t = \frac{(272.32 + 261.32)}{2} \times 5$$

$$A_t = 1334.1 \text{ m}^2$$

**Tabla 3.6***Datos para el cálculo de áreas transversales*

	<b>Largo (m)</b>	<b>Base inferior (m)</b>	<b>Base superior (m)</b>	<b>Área <math>A_z</math> (m<sup>2</sup>)</b>
A	100	261.32	276.32	1344.1
B	100	324.17	339.17	1658.35
C	100	387.02	402.02	1972.60
D	100	449.87	464.87	2286.85
E	100	512.72	572.72	2601.10

**3.1.7.3 Cálculo del volumen por la regla de Simpson**

Una vez calculada el área de las distintas secciones, puede hallarse el volumen del material contenido en el corte o relleno por medio de la regla de Simpson, que es la misma que se emplea para las áreas, aunque las áreas de las secciones reemplazan a las ordenadas en la fórmula.

$$V = \frac{d}{3} \times (A_1 + A_5 + 2 \times A_3 + 4(A_2 + A_4))m^3 \quad (3.15)$$

$$V = \frac{100}{3} \times (1344.1 + 2601.1 + 2 \times 1972.6 + 4(1658.35 + 2286.85))m^3$$

$$V = 789040 \text{ m}^3$$

**3.1.7.4 Plan de trabajo para el método de diseño por área.**

Análisis del terreno y diseño general

- **Diseño conceptual**
  - La ubicación exacta de la laguna de lixiviados será en la cota más baja del terreno, favorecidas según las curvas de nivel, esta laguna tendrá dimensiones de 233x44.98 m

- Las dimensiones de las secciones ya fueron mencionadas en el anterior apartado además de usar para el diseño constructivo una relación de taludes de 1.5H:1V y una profundidad de 5m.
- El área y vía de acceso se encontrará en la parte más alta del terreno de construcción para facilitar la llegada de los camiones de residuos sólidos al relleno sanitario, esta vía tendrá una longitud de 613m.
- **Diseño de Rampa**
  - Se diseñarán rampas de acceso a cada sección, las cuales se irán modificando a medida que avanza la excavación, garantizando siempre una pendiente adecuada para el tránsito de los vehículos de recolección.
  - Estas rampas servirán como vías de acceso para los equipos de compactación y cobertura.
- **Secuencia de trabajo**
  - **Fase 0: Preparación del Terreno**
    - Igual que en el plan original, se realiza el desbroce, limpieza y nivelación del terreno.
  - **Fase 1: Excavación y Construcción de la Sección Inferior (A):**
    - Se excava la sección A hasta la profundidad requerida.
    - Se construyen las capas de fondo, drenaje y residuos.
    - Se instala el sistema de recolección de lixiviados para esta sección.
    - Se construye la rampa de acceso a la siguiente sección (B).
  - **Fases Sigüientes:**
    - Se repite el proceso para las secciones B, C, D y E, siempre asegurando la continuidad de las rampas de acceso y del sistema de drenaje.

- Al finalizar cada sección, se procede al cierre con las capas de cobertura y vegetación.
- **Sistema de Lixiviados**
    - El sistema de lixiviados se diseñará de manera que permita la conexión de cada sección de forma secuencial.
    - Se instalarán tuberías colectoras principales y ramales que se irán conectando a medida que se avanza en la excavación.
    - Se ubicarán pozos de visita y cámaras de inspección en puntos estratégicos para facilitar el mantenimiento y la limpieza del sistema.
  - **Ventajas de la excavación ascendente**
    - **Mayor seguridad:** Se reduce el riesgo de deslizamientos de tierra y se facilita el control de la erosión.
    - **Optimización del espacio:** Se aprovecha al máximo el terreno disponible.
    - **Facilidad de acceso:** Las rampas garantizan un acceso continuo a todas las áreas del relleno.
    - **Gestión más eficiente:** Permite un mejor control de los costos y de los plazos de ejecución.

### 3.1.8 Sistema de revestimiento normado para residuos sólidos

Para prevenir la filtración de lixiviados en el suelo y proteger el medio ambiente, se implementa un sistema de revestimiento compuesto por siete capas especializadas, cada una con una función específica:

**Material de sacrificio:** Es una capa de material inerte, como suelo o arena, que se coloca sobre la geomembrana para protegerla de daños durante la operación. El material de sacrificio corresponde a 20 centímetros de arena.

**Capa de filtro o separación:** Actúa como una barrera que impide el paso de partículas sólidas hacia el sistema de drenaje, evitando obstrucciones y asegurando su correcto funcionamiento. La capa de filtro se compone del geotextil NT 1600 de espesor 1.5 mm.

**Capa de drenaje o protección:** Facilita la recolección y conducción de lixiviados hacia los sistemas de tratamiento, además de proteger las capas inferiores de posibles daños mecánicos. Esta capa está constituida de 30 cm de piedra graduada de ½” a ¾”.

**Capa de refuerzo:** Proporciona estabilidad estructural al revestimiento, incrementando su resistencia a cargas externas y prolongando su vida útil. La capa de refuerzo se compone del geotextil de 500 gr/m<sup>2</sup>.

**Capa de impermeabilización primaria:** Constituye la principal barrera contra la filtración de lixiviados, generalmente elaborada con geomembranas de alta densidad que aseguran una contención efectiva. Esta capa está compuesta por la geomembrana HDPE de espesor 1.5 mm.

**Capa de impermeabilización secundaria:** Funciona como una medida de respaldo en caso de fallas en la capa primaria, reforzando la protección del suelo y de los cuerpos de agua subterráneos. En este contexto, es importante destacar el uso de la geomembrana GCL (Geosynthetic Clay Liner) de espesor 5 mm como una alternativa eficiente a la arcilla compactada, ya que ofrece un desempeño similar con menores espesores, lo que optimiza costos y facilita la instalación sin comprometer la seguridad ambiental.

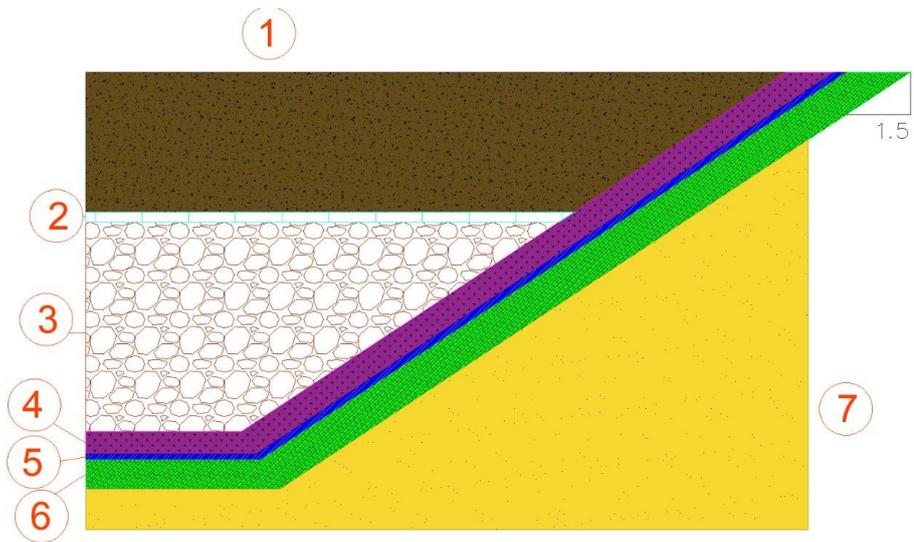
**Terreno natural:** Capa de suelo sobre la cual se asienta el relleno sanitario, sirviendo como base para su construcción y operación.

La tabla 3.7 compara las especificaciones de diseño para sistemas de contención de residuos en rellenos sanitarios en Estados Unidos y Alemania. Se destacan diferencias en los materiales y espesores utilizados en las capas de filtrado, drenaje, protección e impermeabilización.

Dado que el relleno sanitario en cuestión está destinado a la gestión de residuos sólidos urbanos, es decir, no peligrosos, los espesores de las capas de protección e impermeabilización primaria y secundaria no necesitan ser tan elevados como en Alemania, donde se podrían estar considerando residuos más contaminantes.

**Figura 3.8**

*Detalle de capas de revestimiento*



**Tabla 3.7**

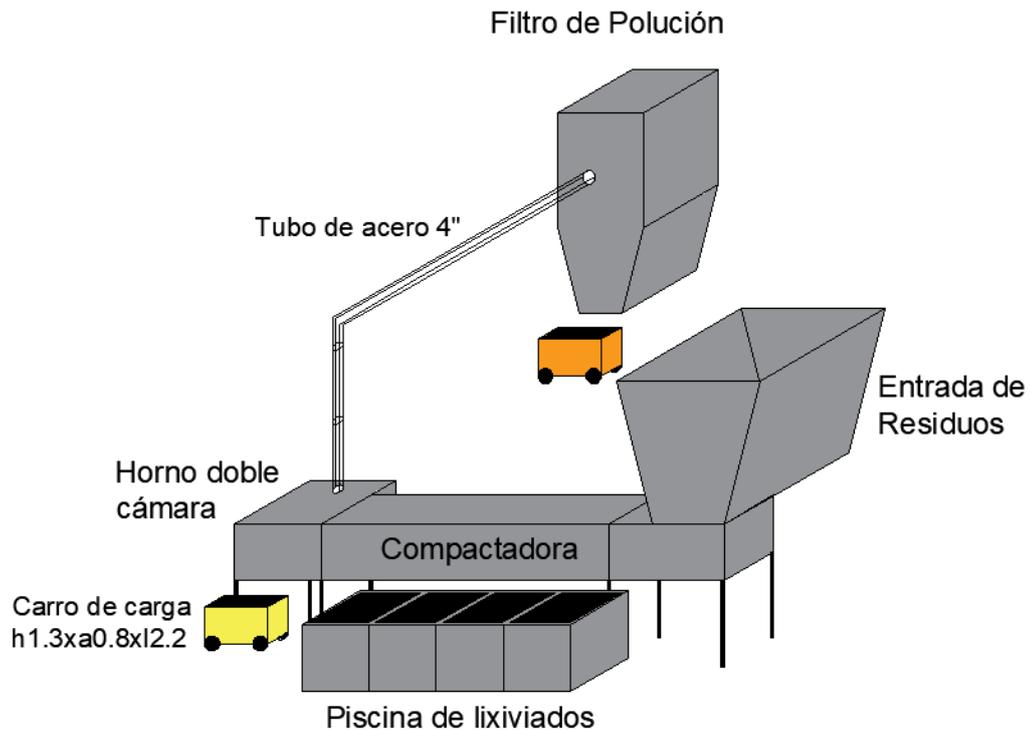
*Capas del sistema de revestimiento*

#	Capa	USA	Alemania
1	Material de sacrificio	200 mm de arena	
2	Filtro o separación	150 mm de arena o Geotextil	150mm o Geotextil
3	Drenaje o protección	300 mm grava o Geomalla/Geotextil	300 mm grava
4	Refuerzo	Geotextil 500 gr/m <sup>2</sup>	Geotextil 2000 gr/m <sup>2</sup>
5	Impermeabilización primaria	1.5 mm HDPE	2.5 mm HDPE
6	Impermeabilización secundaria	GCL o 60 cm Arcilla Compactada $k < 10^{-7}$ cm/seg	GCL o 1 m Arcilla Compactada $k < 10^{-8}$ cm/seg
7	Terreno natural		

### 3.1.9 Alternativa para una solución del relleno sanitario

**Figura 3.9**

*Sistema de tratamiento de residuos sólidos, patentado por Joffre Olmedo Luperta Navarrete*



#### **Descripción general del proceso**

El sistema propuesto se concibe como una solución integral para el tratamiento de residuos sólidos urbanos, abarcando desde la recepción hasta la disposición final de los residuos.

A continuación, se detalla cada una de las etapas del proceso:

El sistema propuesto está diseñado para garantizar un tratamiento eficiente y sostenible de los residuos sólidos urbanos, abarcando desde su recepción hasta su disposición final. A continuación, se detallan cada una de las etapas que conforman este proceso.

#### **1. Recepción de Residuos**

El proceso comienza con la llegada de los residuos al área de recepción, donde se ha previsto una entrada de 5x5 metros. Esta dimensión permite el acceso de camiones de gran

capacidad, facilitando la descarga rápida y eficiente de los desechos. Para optimizar el flujo de materiales, la entrada contará con una estructura cónica, la cual dirigirá los residuos de manera controlada hacia la compactadora, evitando acumulaciones innecesarias y mejorando la eficiencia operativa.

## **2. Compactación**

Una vez recibidos, los residuos son sometidos a un proceso de compactación que reduce significativamente su volumen. Mediante una prensa especializada, los desechos se comprimen en bloques de 2x2 metros, lo que permite un almacenamiento más ordenado y un transporte más eficiente hacia las siguientes fases del tratamiento. Este procedimiento no solo contribuye a optimizar el uso del espacio dentro de la planta, sino que también reduce la frecuencia de vaciado, lo que se traduce en menores costos operativos y logísticos.

## **3. Transporte y Gestión de Lixiviados**

Después de la compactación, los bloques de residuos son trasladados mediante una banda transportadora hacia el incinerador. Durante este trayecto, se ha previsto un sistema de recolección de lixiviados, que se ubicará estratégicamente debajo de la banda. Los lixiviados, que son líquidos generados por la descomposición de los residuos y que pueden contener sustancias contaminantes, serán canalizados hacia un sistema de tratamiento especializado. De esta manera, se evita la contaminación del suelo y de fuentes hídricas cercanas, garantizando un manejo ambientalmente responsable de estos desechos líquidos.

## **4. Incineración**

Al llegar al incinerador, los residuos pasan por un proceso de combustión diseñado para minimizar su impacto ambiental y maximizar la reducción de su volumen. Para ello, el sistema cuenta con dos cámaras de combustión, cada una con una función específica. La primera cámara opera a una temperatura de 1800°C y está destinada a la quema de materiales orgánicos, asegurando su descomposición total. Por otro lado, la segunda cámara trabaja a 1200°C y se

encarga de la combustión de materiales inorgánicos, evitando la liberación de sustancias tóxicas. Como resultado de este proceso, se genera Clinker o brea, un material inerte que puede ser reutilizado en la industria de la construcción, promoviendo así la economía circular.

Además, la combustión de los residuos genera gases que deben ser tratados adecuadamente antes de su liberación a la atmósfera. Para ello, estos gases son dirigidos hacia un sistema de filtrado, el cual se encarga de eliminar partículas y compuestos nocivos, garantizando que las emisiones cumplan con los estándares ambientales establecidos.

### **5. Tratamiento de Gases y Recuperación de Energía**

Finalmente, los gases resultantes de la incineración son sometidos a un riguroso proceso de filtración para reducir su impacto ambiental. A través de un filtro de polución, se eliminan partículas contaminantes y gases nocivos, asegurando que las emisiones sean seguras para el medio ambiente y la salud pública.

Además del tratamiento de gases, el sistema contempla una estrategia de aprovechamiento energético. Los residuos capturados en los filtros pueden utilizarse como combustible alternativo, contribuyendo a la generación de energía y reduciendo la dependencia de fuentes convencionales. Este enfoque no solo mejora la sostenibilidad del sistema, sino que también optimiza el uso de los recursos disponibles, cerrando el ciclo del proceso de tratamiento de residuos de manera eficiente y responsable.

Este sistema integral ofrece una solución eficiente para la gestión de residuos sólidos urbanos, combinando tecnologías avanzadas para reducir su impacto ambiental, optimizar recursos y promover un modelo sostenible de tratamiento de desechos.

### **3.2 Especificaciones Técnicas**

A continuación, se presentan las especificaciones técnicas del proyecto, en las cuales se detallan los aspectos fundamentales para la ejecución de la obra. Se establecen los equipos mínimos requeridos para cada actividad constructiva, asegurando la eficiencia y calidad en los trabajos. Asimismo, se especifican los materiales que deberán cumplir con las normativas vigentes para garantizar su durabilidad y funcionalidad en la estructura del relleno sanitario.

Además, se define la mano de obra mínima necesaria, indicándolas especialidades requeridas para la correcta ejecución de las diferentes fases del proyecto. Se incluyen también los criterios de medición de cada rubro, los cuales permitirán un control preciso del avance de obra y facilitarán la verificación de cumplimiento. Finalmente, se detalla la forma de pago correspondiente a cada uno de los rubros, estableciendo los términos y condiciones que regirán los desembolsos durante el desarrollo del proyecto.

**Presupuesto**

<b>N. Rubro</b>	<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>
<b>1. Obras preliminares</b>					
1	1.1	Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalojo)	Ha	33.95	\$1 414.92
2	1.2	Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra*	m <sup>2</sup>	247 487.81	\$0.37
3	1.3	Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas)	m	2 348.42	\$88.92
4	1.4	Suministro e instalación de portón metálico con planchas	m <sup>2</sup>	18.90	\$168.38
<b>2. Movimiento de tierra</b>					
5	2.1	Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad*	m <sup>3</sup>	861 205.00	\$0.84
6	2.2	Desalojo de material en sitio (incluye esponjamiento) *	m <sup>3</sup>	1 033 446.00	\$0.94
7	2.3	Reconformación y perfilada de taludes*	m <sup>2</sup>	14 891.13	\$3.25
8	2.4	Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural*	m <sup>2</sup>	220 343.31	\$1.63
<b>3. Vías de acceso</b>					
9	3.1	Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)	m <sup>3</sup>	2 359.50	\$16.59
<b>4. Instalaciones</b>					
10	4.1	Suministro e instalación de drenaje pluvial	m	2 059.04	\$6.96
11	4.2	Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m f'c=280 kg/cm2*	m	2 049.07	\$78.42
12	4.3	Suministro e instalación de drenaje de lixiviados	m	3 952.00	\$24.37
13	4.4	Suministro e instalación de drenaje de gases	m	13 221.00	\$6.76
<b>5. Geosintéticos</b>					
14	5.1	Suministro e instalación de GCL e=5 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$8.20
15	5.2	Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm*	m <sup>2</sup>	177 563.00	\$5.92
16	5.3	Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm*	m <sup>2</sup>	177 561.00	\$3.74
17	5.4	Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m*	m <sup>3</sup>	48 430.00	\$17.62
18	5.5	Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm*	m <sup>2</sup>	177 447.00	\$2.15
19	5.6	Relleno con arena e=0.20 m*	m <sup>3</sup>	32 641.00	\$15.25
<b>6. Mitigación ambiental</b>					
20	6.1	Arborización*	u	280.00	\$391.94
21	6.2	Monitoreo de ruido ambiental	u	2.00	\$15.91
22	6.3	Monitoreo de material particulado	u	2.00	\$75.27
23	6.4	Control de polvo (agua)	m <sup>3</sup>	247.49	\$3.67
24	6.5	Reubicación de flora nativa	u	200.00	\$96.00

**Rubro:** Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalojo)

**Código:** 1.1

**Unidad:** Ha

### **Descripción**

El rubro consiste en la limpieza, desbosque y desbroce del terreno, despejando el terreno necesario para llevar a cabo la obra contratada, de acuerdo con las presentes especificaciones y además documentos, en las zonas indicadas por el fiscalizador y/o señalados en los planos. Se procederá a cortar, desenraizar y retirar de los sitios de construcción, los árboles incluidos sus raíces, arbustos, hierbas, etc. Y cualquier vegetación en las áreas de construcción, servidumbre de mantenimiento.

### **Equipos mínimos**

Herramientas menores, retroexcavadoras, cargadoras frontales, volquetas.

### **Mano de obra mínima**

Engrasador, peón.

### **Medición y forma de pago**

La medición de los trabajos se realizará en hectáreas (Ha), considerando el volumen del material removido y desalojado dentro de los límites establecidos en los planos o indicados por el Fiscalizador. El pago al contratista se efectuará con base en los Ha efectivamente ejecutados, previa aprobación por parte del Fiscalizador y cumpliendo con los estándares de limpieza y disposición establecidos.

**Rubro:** Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra

**Código:** 1.2

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Se entenderá por replanteo el proceso de trazado, marcado y ajuste del terreno para la correcta ejecución de la obra, conforme a las especificaciones técnicas y los planos del proyecto. Se realizará en el terreno el replanteo de todas las obras de movimientos de tierras señaladas en los planos, así como su nivelación, lo que implica el ajuste del terreno mediante cortes, rellenos y compactación para alcanzar las cotas y pendientes definidas en los planos. Se colocará los hitos de ejes, los mismos que no serán removidos durante el proceso de construcción, y serán comprobados por Fiscalización.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, equipo topográfico, estación total.

### **Mano de obra mínima**

Topógrafo, maestro mayor, cadenero.

### **Medición y forma de pago**

La medición del rubro de replanteo y nivelación se realizará en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), considerando el área efectivamente trabajada según los planos y aprobada por el Fiscalizador. El pago al contratista se efectuará en función de los m<sup>2</sup> ejecutados, verificando que los trabajos cumplan con las especificaciones técnicas y se hayan completado de manera satisfactoria.

**Rubro:** Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas)

**Código:** 1.3

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Se entiende por cerramiento de malla al suministro, corte y colocación de la malla galvanizada de 2.7 metros de altura sobre las columnas de tubo galvanizado previamente instaladas cada 3 metros de luz, siguiendo las especificaciones técnicas del proyecto. Se incluye la fijación de la malla mediante soldadura a las columnas y el reforzado en su parte superior con alambre de púas para mayor seguridad, garantizando su correcta colocación y tensión. La instalación se realizará conforme a los planos y bajo la supervisión del Fiscalizador.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, soldadora.

### **Mano de obra mínima**

Soldador, herrero, peón.

### **Materiales**

Malla galvanizada tipo rombo para cerramiento H=2.7 m, tubo galvanizado 2" x 2 mm, electrodo 6011, alambre de púas rollo 200 m, perfiles de acero (platinas para anclaje) y anticorrosivo cromato 5.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros (m) de malla galvanizada instalada correctamente y aprobada por el Fiscalizador. El pago se efectuará con base en el metraje ejecutado, considerando únicamente la malla y los accesorios necesarios para su fijación.

**Rubro:** Suministro e instalación de portón metálico con planchas

**Código:** 1.4

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Comprende el suministro y montaje de un portón metálico según las especificaciones del proyecto. El portón será fabricado con perfiles de acero de alta resistencia, diseñada para soportar las condiciones climáticas y el uso continuo. El trabajo incluye la instalación completa del portón en la ubicación indicada, incluyendo el ajuste, la fijación y la correcta alineación.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, soldadora.

### **Mano de obra mínima**

Soldador, herrero, peón.

### **Materiales**

Perfiles de acero, electrodo 6011, anticorrosivo cromato 5, candado 40 mm.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), considerando el portón metálico completo, instalado y aprobado por el Fiscalizador. El pago se efectuará por metro cuadrado de portón instalado, conforme a las especificaciones técnicas del proyecto.

**Rubro:** Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad

**Código:** 2.1

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Descripción**

Este rubro incluye la ejecución de excavaciones a máquina en terrenos donde se requiere remover o quitar volúmenes de tierra a una profundidad mayor a 3.50 metros. Se utilizarán equipos de maquinaria pesada para realizar el movimiento de tierras de manera eficiente y conforme a los requerimientos del proyecto. Para la excavación se debe considerar su alineación, profundidad y anchura requerida según los detalles respectivos, y con aprobación de la fiscalización, no se considerará sobre excavaciones que no tengan la debida justificación de la fiscalización y registro fotográfico. Todo el material resultante de la excavación que sea adecuada y aprovechable, a criterio del Fiscalizador, deberá ser utilizado para la construcción de terraplenes o rellenos, o ser desalojado a los respectivos botaderos aprobados.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, retroexcavadora.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), considerando el volumen de material excavado a la profundidad requerida, tal como se indica en los planos o lo determinado por el Fiscalizador. El pago se efectuará en función del volumen de excavación ejecutado y aprobado, respetando las especificaciones técnicas y cumpliendo con las normativas de seguridad y calidad establecidas.

**Rubro:** Desalojo de material en sitio (incluye esponjamiento)

**Código:** 2.2

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Descripción**

Comprende el desalojo en sitio de material excavado, considerando el esponjamiento del material, fuera del límite de la obra donde no cause obstrucción. Incluye el efecto de esponjamiento, es decir, el incremento de volumen del material una vez extraído, debido a la pérdida de su compactación natural. Los trabajos se realizarán conforme a las especificaciones técnicas, garantizando una ejecución eficiente y segura, minimizando impactos ambientales y optimizando la gestión de residuos. Este material será utilizado como capa de cobertura para el relleno sanitario en su etapa de operación.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, retroexcavadora, volqueta.

### **Mano de obra mínima**

Peón.

### **Medición y forma de pago**

La medición del desalojo de material en sitio se realizará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) considerando el volumen del material removido y transportado hasta el destino que haya sido dispuesto para almacenar. El pago se efectuará según el volumen medido en obra y debidamente aprobado por la Fiscalización, de acuerdo con el precio unitario establecido en el contrato.

**Rubro:** Reconformación y perfilada de taludes

**Código:** 2.3

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Este rubro comprende la conformación, ajuste y acabado de los taludes mediante excavación, corte o relleno, con el fin de garantizar su estabilidad y cumplimiento de las pendientes y dimensiones establecidas en los planos y especificaciones técnicas. Los trabajos incluyen la remoción de material suelto, limpieza del área, compactación en caso de rellenos y la adecuación de la superficie para su correcta integración con el entorno.

Las actividades serán ejecutadas bajo estricta supervisión, asegurando el cumplimiento de las normativas de seguridad y calidad, con la aprobación de la Fiscalización.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, excavadora.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Medición y forma de pago**

La medición de la reconformación y perfilado de taludes se realizará en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de talud reconformado y perfilado de acuerdo con las secciones transversales de diseño y las especificaciones del proyecto, con la verificación y aprobación de la Fiscalización. El pago se efectuará según el área medida y aprobada en la obra, de acuerdo con el precio unitario establecido en el contrato.

**Rubro:** Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural

**Código:** 2.3

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Este rubro comprende la nivelación y adecuación del terreno natural mediante el uso de una motoniveladora, con el objetivo de obtener una superficie uniforme y acorde a las cotas y pendientes establecidas en los planos del proyecto. Incluye el corte de material excedente, redistribución de suelo y relleno en zonas bajas, garantizando una base estable para las siguientes etapas de construcción.

Los trabajos se ejecutarán cumpliendo las especificaciones técnicas y bajo la supervisión de la Fiscalización, asegurando la calidad y estabilidad del terreno preparado.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, motoniveladora.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Combustible.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de terreno reconformado y nivelado, tomando en cuenta el área efectivamente trabajada conforme a las cotas y pendientes especificadas en los planos del proyecto, con la aprobación de la Fiscalización. El pago se efectuará según la superficie medida y aprobada en obra, de acuerdo con el precio unitario establecido en el contrato.

**Rubro:** Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)

**Código:** 3.1

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Descripción**

El rubro comprende el suministro, transporte, colocación y compactación de material de cascajo importado en una capa de 30 cm de espesor, destinado a mejorar la resistencia y estabilidad del terreno para una vía de acceso. El proceso incluye la nivelación, humectación y compactación del material mediante equipos mecánicos, asegurando que se cumplan los parámetros de densidad y calidad establecidos en el proyecto, garantizando una base sólida y duradera para la infraestructura vial.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, compactador manual a gasolina, cargadora.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Combustible, cascajo, agua, pruebas de laboratorio.

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de material de cascajo importado efectivamente colocado y compactado para la vía de acceso, conforme a la fiscalización y verificación de calidad. El pago se efectuará por volumen de material suministrado, transportado, colocado, nivelado, humectado y compactado, de acuerdo con la cantidad medida en el sitio de trabajo y bajo la supervisión de la fiscalización, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y los parámetros de densidad establecidos en el proyecto.

**Rubro:** Suministro e instalación de drenaje pluvial

**Código:** 4.1

**Unidad:** m

### **Descripción**

consiste en la provisión y colocación de tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro, destinada a la recolección y evacuación de aguas lluvias dentro del relleno sanitario, garantizando el flujo eficiente y la correcta evacuación de las aguas pluviales, conforme a las especificaciones técnicas y normativas del proyecto.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Tubero, maestro mayor, plomero, peón.

### **Materiales**

Tubería lisa PVC de Ø4".

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros lineales (m) de tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro efectivamente instalada, desde el punto de inicio hasta el punto de terminación del drenaje pluvial, conforme a la fiscalización y verificación de la calidad de la obra. El pago se efectuará por la longitud total de la tubería suministrada, colocada, conectada y verificada, todo bajo la supervisión y control de la fiscalización, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y normativas del proyecto.

**Rubro:** Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

**Código:** 4.2

**Unidad:** m

### **Descripción**

Comprende la construcción de una cuneta de concreto de sección 0.40 x 0.20 m con una resistencia de  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, La cuneta se ejecutará para facilitar el drenaje adecuado de aguas pluviales, asegurando un flujo eficiente y evitando la acumulación de agua en el área. El trabajo incluye la excavación, preparación de la base, encofrado, y el vertido del concreto, cumpliendo con las especificaciones técnicas y normas de calidad establecidas en el proyecto para garantizar su durabilidad y funcionalidad.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, vibrador de manguera a gasolina, concretera de 1 saco.

### **Mano de obra mínima**

Carpintero, albañil, maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Agua, arena, cemento tipo I, clavos de 1" a 2 ½", combustible, cuartón de encofrado, piedra triturada no. 4, tira de encofrado, tabla de encofrado de 1" x 4 m.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros lineales (m) de cuneta de evacuación pluvial efectivamente construida, con las dimensiones de 0.40 x 0.20 m y resistencia de concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo con el trazado y diseño especificado en el proyecto. El pago se efectuará por la longitud total de cuneta construida, que incluirá el encofrado, colocación de concreto y acabado, conforme a la supervisión de la fiscalización y asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y de calidad establecidas.

**Rubro:** Suministro e instalación de drenaje de lixiviados

**Código:** 4.3

**Unidad:** m

### **Descripción**

Consiste en la provisión y colocación de tubería de PVC perforada de 4 pulgadas de diámetro, destinada a la recolección y evacuación de lixiviados en el relleno sanitario. El trabajo incluye la correcta disposición y conexión con los sistemas de drenaje de lixiviados, garantizando una evacuación eficiente y controlada de los líquidos, conforme a las especificaciones técnicas y normativas del proyecto. Además, se asegura la protección y funcionalidad del sistema para evitar filtraciones y posibles contaminaciones.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Tubero, maestro mayor, plomero, peón.

### **Materiales**

Tubería PVC perforada para subdren de Ø4", arena.

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros lineales (m) de tubería de PVC perforada de 4 pulgadas de diámetro efectivamente instalada, desde el punto de inicio hasta el punto de terminación del drenaje de lixiviados. El pago se efectuará por la longitud total de la tubería suministrada, colocada y conectada, todo conforme a las especificaciones del proyecto y bajo la supervisión de la fiscalización. La calidad y correcta ejecución del sistema serán verificadas para asegurar el cumplimiento de los parámetros técnicos y de seguridad establecidos.

**Rubro:** Suministro e instalación de drenaje de gases

**Código:** 4.4

**Unidad:** m

### **Descripción**

Comprende el suministro e instalación de tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro, dispuesta de forma vertical cada 5 metros, una vez que se haya colocado y compactado la capa de residuos sólidos. Este sistema está destinado a la evacuación de los gases generados por la descomposición de los residuos en el relleno sanitario.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra**

Tubero, maestro mayor, plomero, peón.

### **Materiales**

Tubería lisa PVC de Ø4".

### **Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros lineales (m) de tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro, efectivamente instalada de forma vertical, cada 5 metros, dentro de la capa de residuos sólidos compactados. El pago se efectuará por la longitud total de la tubería instalada, incluyendo la disposición adecuada de las tuberías, todo conforme a las especificaciones del proyecto. La medición y pago estarán sujetos a la fiscalización y verificación de la calidad de la obra y el cumplimiento de los parámetros establecidos.

**Rubro:** Suministro e instalación de GCL e=5 mm

**Código:** 5.1

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Comprende el suministro y la instalación de Geosintético Arcilloso (GCL) de 5 mm de espesor, utilizado como barrera impermeable. Incluye el transporte, despliegue, anclaje, solapado y protección del material.

El geosintético GCL (Geosynthetics Clay Liner) tiene como principal función es actuar como una barrera que impide el traslado de líquidos, gases u otros contaminantes entre diferentes áreas. Está compuesto por bentonita de sodio de alta capacidad de expansión, la cual se encuentra encapsulada entre un geotextil tejido especial y un geotextil no tejido.

### **Figura 3.10**

*Geosintético GCL*



### **Tabla 3.8**

*Capas de geosintético GCL*

<b>Capa</b>	<b>Estándar</b>
Geotextil no tejido	ASTM D5261
Bentonita	ASTM D5993, ASTM D5890, ASTM D4643, ASTM D5891
Geotextil tejido	ASTM D5261

**Equipo mínimo**

Herramientas menores.

**Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

**Materiales**

Geosintético GCL e=5 mm

**Medición y forma de pago**

La medición se realizará en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de GCL efectivamente instalada, considerando el área cubierta en el sitio de obra. El pago se efectuará por el área total de geosintético suministrado o colocado conforme a las especificaciones del proyecto. El trabajo incluirá la preparación de la base, la instalación del geosintético de acuerdo con los métodos y procedimientos establecidos, y la verificación de su correcta instalación, todo bajo la supervisión de la Fiscalización para garantizar la calidad y la conformidad con los parámetros técnicos.

**Rubro:** Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm

**Código:** 5.2

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Comprende el suministro e instalación de geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 mm de espesor, utilizada como barrera impermeable.

La geomembrana HDPE es un revestimiento impermeable liso fabricado con polietileno de alta densidad mediante un proceso de extrusión plana y calandrado, lo que asegura una distribución uniforme de su espesor. Presentan diversas ventajas, como una elevada resistencia a productos químicos y radiación ultravioleta, destacada durabilidad y flexibilidad, facilidad en su instalación y mantenimiento, además de una notable capacidad para prevenir filtraciones y proteger el entorno.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Geomembrana HDPE e=1 mm

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de geomembrana efectivamente instalada, considerando el área cubierta en el sitio de obra. La Fiscalización certificará las cantidades y la conformidad del trabajo antes de la aprobación del pago conforme a las especificaciones del proyecto.

**Rubro:** Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm

**Código:** 5.3

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Este ítem comprende el suministro e instalación de geotextil no tejido de 500 gr/m<sup>2</sup> y espesor de 3.8 mm. La instalación incluye el transporte, despliegue, fijación y protección del material.

El geotextil protector está diseñado específicamente para ser utilizado bajo láminas de Etileno Propileno Dieno (EPDM) sobre el suelo, creando una barrera entre el terreno y el sistema de impermeabilización, así como en cubiertas transitables donde se instalará un suelo o una capa de grava. Es crucial proteger el sistema de impermeabilización para garantizar que la lámina de EPDM se mantenga segura durante su vida útil, evitando daños causados por factores externos.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Geotextil 500 gr e=3.8 mm

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de geotextil efectivamente instalada, considerando el área cubierta en el sitio de obra. La Fiscalización certificará las cantidades y la conformidad del trabajo antes de la aprobación del pago conforme a las especificaciones del proyecto.

**Rubro:** Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m

**Código:** 5.4

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Descripción**

Este ítem incluye el suministro y la colocación de piedra triturada de tamaño 1/2" a 3/4" como material de relleno para drenaje, con un espesor de 0.30 m. El material debe ser utilizado para facilitar el paso de lixiviados en el terreno natural, actuando como un medio filtrante que permita el flujo eficiente de líquidos. La fiscalización será responsable de supervisar la calidad y la correcta ejecución del trabajo, asegurando que se cumplan todas las especificaciones técnicas y normativas.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores, cargadora.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Piedra de 1/2" - 3/4", prueba de laboratorio para piedra.

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de relleno con piedra de 1/2" - 3/4" instalado, incluyendo transporte, colocación, nivelación y compactación, si es aplicable. La fiscalización certificará la conformidad del trabajo antes de proceder con el pago.

**Rubro:** Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm

**Código:** 5.5

**Unidad:** m<sup>2</sup>

### **Descripción**

Este ítem incluye el suministro e instalación de geotextil no tejido NT 1600, con un espesor de 1.5 mm. La instalación debe incluir el transporte, despliegue, anclaje y protección del material según las especificaciones del proyecto. La fiscalización se encargará de supervisar todo el proceso, verificando que se cumplan los estándares de calidad y los requisitos establecidos.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Geotextil NT 1600

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de geotextil instalado, incluyendo suministro, transporte, despliegue, anclaje y protección del material conforme a las especificaciones del proyecto. La fiscalización certificará las cantidades y la calidad del trabajo antes de proceder con el pago.

**Rubro:** Relleno con arena e=0.20 m

**Código:** 5.6

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Descripción**

Comprende el suministro y la colocación de arena como material de relleno, con un espesor de 0.20 m. El material de arena debe ser utilizado como capa de soporte. La arena debe ser limpia, libre de impurezas y adecuada para el uso específico del proyecto.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Maestro mayor, peón.

### **Materiales**

Arena.

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de arena colocada, incluyendo transporte, colocación, nivelación y compactación, si es aplicable. La fiscalización verificará la correcta ejecución y cumplimiento de las especificaciones técnicas antes de proceder con el pago.

**Rubro:** Arborización

**Código:** 6.1

**Unidad:** u

### **Descripción**

Este ítem incluye el suministro e instalación de plantas arbóreas en el área designada para arborización, conforme a los requerimientos del proyecto. La arborización tiene como objetivo mejorar la estética, proporcionar sombra, proteger el suelo y contribuir al equilibrio ambiental. Las especies de árboles a plantar deben ser seleccionadas de acuerdo con las condiciones del sitio y las normativas locales.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Peón.

### **Materiales**

Tierra vegetal, abono, árbol de especie conífera.

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por cada unidad de planta instalada y mantenida, incluyendo transporte, siembra, riego y protección. La fiscalización se encargará de verificar la correcta instalación y el cumplimiento de las especificaciones para autorizar el pago.

**Rubro:** Monitoreo de ruido ambiental

**Código:** 6.2

**Unidad:** u

### **Descripción**

Este ítem comprende la ejecución de monitoreos de ruido ambiental en las áreas establecidas en el proyecto, con el objetivo de evaluar los niveles de ruido y compararlos con los límites permisibles según la normativa vigente. El monitoreo debe realizarse con equipos calibrados y en condiciones representativas de las actividades que generan ruido en la zona. El monitoreo deberá cumplir con las normativas nacionales e internacionales aplicables, como las regulaciones ambientales locales y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en cuanto a límites de ruido recomendados para diferentes entornos (residencial, industrial, comercial, etc.).

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Técnico de obras civiles.

### **Materiales**

Monitoreo de ruido ambiental.

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por unidad (u) de monitoreo, considerando el número de puntos establecidos y los informes entregados. La fiscalización supervisará el cumplimiento de los protocolos de medición, la correcta ejecución del monitoreo y la validez de los datos obtenidos antes de aprobar el pago.

**Rubro:** Monitoreo de material particulado

**Código:** 6.3

**Unidad:** u

### **Descripción**

Este ítem comprende la ejecución del monitoreo de material particulado (PM) en el aire, con el objetivo de evaluar la concentración de partículas suspendidas y compararlas con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente. Se debe medir material particulado en diferentes fracciones, como PM10, PM2.5 y PM total, dependiendo de los requerimientos del proyecto. El monitoreo debe realizarse conforme a los estándares nacionales e internacionales, como los límites de calidad del aire de la OMS, la normativa ambiental local y las metodologías establecidas por la EPA (Environmental Protection Agency) o normas equivalentes.

### **Equipo mínimo**

Herramientas menores.

### **Mano de obra mínima**

Técnico de obras civiles.

### **Materiales**

Monitoreo de material particulado.

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por unidad (u) de monitoreo, considerando el número de puntos establecidos y los informes entregados. La fiscalización supervisará la correcta ejecución del monitoreo, la calibración de los equipos, la confiabilidad de los datos y el cumplimiento de los estándares antes de aprobar el pago.

**Rubro:** Control de polvo (agua)

**Código:** 6.4

**Unidad:** m<sup>3</sup>

### **Descripción**

Este ítem comprende la aplicación de agua para el control de polvo en superficies expuestas. Su objetivo es minimizar la dispersión de partículas en suspensión y mitigar los impactos ambientales y de salud pública causados por el polvo. El control de polvo debe cumplir con las regulaciones ambientales vigentes, garantizando que la aplicación de agua sea suficiente para reducir las emisiones de polvo sin generar exceso de humedad o escorrentía innecesaria.

### **Materiales**

Agua para control de polvo

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de agua aplicada, incluyendo el suministro, transporte y aspersión. La fiscalización verificará la adecuada ejecución del control de polvo, asegurando el cumplimiento de la frecuencia establecida y la correcta distribución del agua antes de autorizar el pago.

**Rubro:** Reubicación de flora nativa

**Código:** 6.5

**Unidad:** u

### **Descripción**

Este ítem comprende la identificación, extracción, traslado y reubicación de especies de flora nativa afectadas por las actividades del proyecto, garantizando su conservación y adaptación en una nueva ubicación. La reubicación debe realizarse bajo criterios técnicos adecuados para minimizar el impacto ambiental y asegurar la supervivencia de las especies trasladadas. La reubicación de flora nativa deberá cumplir con la normativa ambiental vigente y con los permisos necesarios otorgados por las autoridades competentes. Se deben seguir las directrices establecidas en planes de manejo ambiental y en regulaciones locales sobre protección de biodiversidad y restauración ecológica.

### **Materiales**

Reubicación de flora (incluye poda, extracción, traslado, siembra, incorporación de tierra preparada, riego y fertilización).

### **Medición y forma de pago**

El pago se realizará por unidad de planta reubicada, incluyendo el proceso de extracción, transporte, siembra y mantenimiento inicial. La fiscalización verificará el cumplimiento de los procedimientos técnicos, la correcta adaptación de las especies y el cumplimiento de la normativa ambiental antes de aprobar el pago.

## Capítulo 4

## **4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1 Descripción del proyecto**

El botadero a cielo abierto de Anconcito se encuentra en condiciones críticas, caracterizadas por una gestión inadecuada de los residuos sólidos que llegan desde los cantones Salinas, Santa Elena y La Libertad. En el lugar, no se implementan técnicas de compactación ni cobertura, lo que favorece la proliferación de vectores como ratas, moscas, cucarachas y aves carroñeras, incrementando los riesgos para la salud pública. Además, los malos olores provenientes de los residuos en descomposición afectan tanto a los recicladores que trabajan informalmente en el sitio como a las comunidades cercanas. Estos recicladores, pese a realizar una labor importante de separación y recuperación de materiales, operan sin condiciones de seguridad ni apoyo técnico, lo que agrava su vulnerabilidad ante los riesgos sanitarios y ambientales del botadero.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6, 11 y 13 son fundamentales para abordar el problema del botadero a cielo abierto en Anconcito mediante la implementación de un relleno sanitario.

#### **4.1.1 ODS 6: Agua limpia y saneamiento**

Un relleno sanitario diseñado adecuadamente incluye sistemas para la gestión de lixiviados, previniendo la contaminación de fuentes de agua subterráneas y superficiales. Esto contribuye a garantizar el acceso a agua limpia, especialmente en áreas donde el agua es un recurso limitado, y promueve prácticas de saneamiento ambiental sostenible.

#### **4.1.2 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles**

El relleno sanitario ayuda a mejorar la calidad de vida de las comunidades cercanas al manejar los residuos de manera ordenada, eliminando los malos olores y reduciendo la

proliferación de vectores. Además, fomenta la inclusión de recicladores en sistemas formales, promoviendo su bienestar social y económico.

#### **4.1.3 ODS 13: Acción por el clima**

Un relleno sanitario con sistemas de captación y tratamiento de biogás contribuye a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero generados por la descomposición de residuos en condiciones anaeróbicas. Esto ayuda a combatir el cambio climático al reducir la huella de carbono asociada al manejo de residuos sólidos.

#### **4.2 Línea base ambiental**

El área propuesta para el diseño del relleno sanitario presenta características específicas que determinan su estado actual y los elementos susceptibles de ser afectados por el proyecto. En primer lugar, desde el punto de vista físico, la topografía muestra pendientes moderadas que, aunque favorecen el escurrimiento superficial, pueden aumentar el riesgo de dispersión de lixiviados si no se implementan sistemas adecuados de contención. Además, el clima seco y árido de la región, con lluvias concentradas en períodos específicos, incrementa la necesidad de diseñar un sistema eficiente de control de aguas pluviales para evitar contaminación y erosión del suelo.

Por otro lado, los suelos predominantes en la zona son de textura arcillosa, lo que podría aportar una barrera natural para la filtración de lixiviados hacia los acuíferos subyacentes. Sin embargo, esta capacidad debe evaluarse exhaustivamente, ya que cualquier falla en la impermeabilización podría comprometer la calidad de los recursos hídricos cercanos. En cuanto a la hidrología, la proximidad a cuerpos de agua superficiales y acuíferos resalta la importancia de prevenir filtraciones que puedan afectar tanto el ecosistema como el suministro de agua para las comunidades.

Desde la perspectiva biológica, la zona alberga especies de flora típicas de ecosistemas secos, principalmente cactus (*armatocereus cartwrightianus*), árboles de algodón (*gossypium*) y palo santo (*bursera graveolens*). Si bien su densidad no es significativa, su remoción podría alterar la estabilidad del suelo y reducir la capacidad de absorción natural de agua de la zona. Asimismo, la fauna está compuesta por pequeños mamíferos, reptiles y aves, cuya presencia podría verse disminuida debido a la actividad del proyecto. No obstante, el sitio actual del botadero ya atrae vectores, situación que podría repetirse si no se gestiona adecuadamente la operación del nuevo relleno sanitario.

En lo que respecta al entorno socioeconómico, las comunidades cercanas, ubicadas a menos de 3 kilómetros enfrentan condiciones precarias debido al botadero a cielo abierto existente. Los malos olores, la proliferación de vectores y la posible contaminación de fuentes de agua afectan su calidad de vida. Adicionalmente, los recicladores informales, quienes dependen del botadero para su sustento, trabajan sin medidas de seguridad y en condiciones de alta vulnerabilidad. Por ello, cualquier intervención debe considerar su inclusión en un modelo de gestión formal que les garantice mejores condiciones laborales y económicas.

### **4.3 Actividades del proyecto**

En el desarrollo del proyecto de un relleno sanitario, se identifican diversas acciones cuya naturaleza puede generar impactos ambientales significativos si no se gestionan adecuadamente. Durante la etapa de construcción, el movimiento de tierras y la preparación del terreno son actividades esenciales, pero tienen el potencial de alterar la topografía local y causar pérdida de cobertura vegetal. Además, estas actividades pueden incrementar la erosión del suelo, lo que podría derivar en sedimentación en cuerpos de agua cercanos. Por otro lado, el uso de maquinaria pesada contribuye a la generación de polvo y emisiones contaminantes, afectando la calidad del aire.

De manera similar, la instalación de sistemas de impermeabilización y drenaje representa otro punto crítico en la construcción. La utilización de materiales como geomembranas, arcilla y grava requiere de la extracción y transporte de recursos naturales, lo que podría ocasionar impactos en los sitios de origen. Asimismo, la construcción de canales para el manejo de lixiviados y aguas pluviales puede modificar temporalmente el entorno y generar residuos de construcción que, si no se manejan correctamente, aumentan el riesgo de contaminación.

Una vez en operación, el relleno sanitario también implica acciones susceptibles de causar impactos ambientales. La disposición de residuos sólidos urbanos genera emisiones de gases de efecto invernadero, como metano y dióxido de carbono, provenientes de la descomposición de la materia orgánica. A la par, la producción de lixiviados constituye una preocupación prioritaria, ya que, sin un sistema eficiente de captación y tratamiento, estos líquidos podrían filtrarse al suelo y contaminar fuentes de agua subterráneas y superficiales. Adicionalmente, los sistemas de captación y tratamiento de lixiviados y biogás, aunque necesarios, presentan riesgos como fugas que podrían comprometer la calidad del aire o el agua.

Por otra parte, durante la operación se podría observar la proliferación de vectores y fauna oportunista, atraídas por la acumulación de residuos. Esta situación no solo altera el equilibrio ecológico local, sino que también incrementa los riesgos sanitarios para las comunidades vecinas. Además, las emisiones de olores provenientes de la descomposición de residuos pueden generar molestias significativas para las poblaciones cercanas.

Finalmente, en la etapa de cierre y post-cierre, las actividades enfocadas en la colocación de la cubierta final y la revegetación del área generan impactos adicionales. Aunque estas acciones están orientadas a la restauración del paisaje, pueden modificar temporalmente los hábitats existentes y afectar la fauna local. Por último, el monitoreo a largo plazo de los sistemas de tratamiento y de las condiciones del sitio es crucial para prevenir contaminación residual, pero requiere un compromiso constante para evitar el abandono prematuro de las instalaciones.

**Tabla 4.1***Actividades del proyecto y su impacto ambiental*

<b>Etapa</b>	<b>Actividad</b>	<b>Impacto ambiental</b>
<b>Diseño</b>	Estudios topográficos y geológicos	Alteración temporal del suelo y vegetación
<b>Construcción</b>	Movimiento de tierras	Erosión del suelo, generación de polvo
	Construcción de celdas de disposición	Generación de residuos sólidos de construcción
	Instalación de geomembranas	Contaminación por mal manejo de materiales
	Disposición de residuos sólidos	Generación de lixiviados
	Compactación de residuos	Emisiones de gases de efecto invernadero
<b>Operación</b>	Monitoreo ambiental	Reducción de riesgos de contaminación
	Gestión de lixiviados	Contaminación del suelo o agua en caso de falla del sistema
	Recolección de biogás	Reducción de emisiones atmosféricas
<b>Cierre</b>	Cobertura final	Mejora del paisaje y reducción de emisiones

#### 4.4 Identificación de impactos ambientales

Tabla 4.2.

*Identificación de impactos ambientales.*

	Diseño		Construcción			Operación			Cierre			
Identificación de impactos ambientales	Estudios topográficos y geológicos	Movimiento de tierra	Construcción de celdas de disposición	Instalación de geomembranas	Disposición de residuos sólidos	Compactación de residuos	Monitoreo ambiental	Gestión de lixiviados	Recolección de biogás	Cobertura final	Reforestación	Juicio
Calidad del agua			X		X		X	X		X		Moderado
Calidad del suelo	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	Crítico
Calidad del aire		X	X		X	X			X			Severo
Flora/fauna	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	Crítico
Social	X	X			X		X	X		X	X	Severo

## 4.5 Valoración de impactos ambientales

La Matriz de Leopold es una herramienta cualitativa y semi-cuantitativa utilizada para identificar, analizar y valorar los impactos ambientales de un proyecto en sus diferentes etapas (diseño, construcción, operación y cierre). Consiste en una tabla bidimensional donde:

Las filas representan las actividades del proyecto y las columnas los factores ambientales potencialmente afectados, como agua, suelo, aire, flora/fauna y aspectos sociales.

En cada intersección, se califican dos parámetros:

Magnitud del impacto: Escala de 1 a 10 (1: impacto menor, 10: impacto mayor).

Importancia del impacto: Escala de 1 a 10 (1: poco importante, 10: muy importante).

Estos valores proporcionan una puntuación que refleja la severidad del impacto, facilitando la priorización de medidas de mitigación.

**Tabla 4.3**

*Matriz de Leopold (Impacto/Importancia)*

Actividad	Agua	Suelo	Aire	Flora/fauna	Social
Estudios topográficos y geológicos	2/2	3/3	2/2	3/2	2/1
Movimiento de tierra	4/4	7/6	6/5	6/5	3/3
Construcción de celdas	3/3	6/7	3/2	4/4	2/2
Instalación de geomembranas	2/2	4/4	2/2	2/2	1/1
Disposición de residuos sólidos	8/9	9/8	6/6	7/6	5/4
Compactación de residuos	2/2	6/5	4/3	3/3	3/2
Monitoreo ambiental	2/1	1/1	1/1	1/1	1/1
Gestión de lixiviados	9/9	8/7	2/2	5/4	4/4
Recolección de biogás	1/1	2/1	3/3	1/1	3/3
Cobertura final	4/3	6/5	2/2	6/6	3/3
Reforestación	3/3	3/3	2/2	7/6	5/4

**Tabla 4.4***Resultados Impacto/Importancia*

<b>Actividad</b>	<b><math>\Sigma</math> Impacto</b>	<b><math>\Sigma</math> Importancia</b>
Calidad del agua	40	39
Calidad del suelo	55	50
Calidad del aire	33	30
Flora/fauna	45	40
Social	32	28

En resumen, el impacto más significativo recae en la calidad del agua, especialmente durante las fases de operación, debido a la generación de lixiviados que podrían infiltrarse en el suelo y contaminar fuentes de agua subterránea. En el caso de la calidad del suelo, la etapa de construcción, particularmente el movimiento de tierras y la instalación de geomembranas, afecta notablemente su estabilidad y estructura. Adicionalmente, la disposición final de residuos puede comprometer la calidad del suelo si no se implementan medidas de protección adecuadas.

Por otro lado, la calidad del aire se ve afectada de manera crítica durante la operación, principalmente por las emisiones de gases como el metano, asociado a la descomposición de residuos, y por el polvo generado en las fases iniciales de construcción.

La flora y fauna experimenta impactos severos debido a la pérdida de hábitats y la fragmentación de ecosistemas durante las fases de construcción y operación y; finalmente, en el aspecto social, los principales impactos se relacionan con la percepción negativa de la comunidad hacia el proyecto, así como con las molestias asociadas a olores, ruido y potenciales riesgos de salud.

#### **4.6 Medidas de prevención/mitigación**

Las medidas de prevención y mitigación se enfocan en reducir los impactos más críticos sobre el ambiente y las comunidades cercanas, promoviendo un desarrollo sostenible. Estas medidas se distribuyen según los principales factores ambientales afectados:

En cuanto a la calidad del agua, la prevención se basa en diseñar un sistema eficiente de captación y manejo de lixiviados. Esto incluye la instalación de geomembranas impermeables de alta calidad y un sistema de drenaje adecuado para evitar filtraciones hacia las fuentes de agua subterránea. Además, se recomienda implementar sistemas de monitoreo avanzados que permitan la detección temprana de filtraciones y la evaluación continua de la calidad del agua y del suelo.

En el caso de la calidad del suelo, es fundamental protegerlo mediante la instalación de capas de arcilla compactada o geomembranas que eviten el contacto directo con lixiviados. Durante el movimiento de tierras, se debe minimizar la remoción innecesaria y reutilizar los materiales excavados dentro del proyecto. Como medida de mitigación, se pueden aplicar técnicas de restauración y reforestación una vez que se concluyan las actividades de construcción, promoviendo la recuperación del terreno afectado.

Para la calidad del aire, se prioriza la prevención mediante el control de emisiones de polvo y gases. Durante la construcción, es necesario humedecer las áreas de trabajo y utilizar barreras físicas para evitar la dispersión de partículas. En la etapa de operación, se debe implementar un sistema de captación de biogás que permita aprovecharlo como fuente de energía, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el mantenimiento adecuado de los equipos de trabajo es esencial para minimizar las emisiones contaminantes.

En relación con la flora y fauna, es clave proteger los hábitats naturales cercanos al área del proyecto. Las medidas preventivas incluyen la identificación de zonas críticas para la biodiversidad y la creación de corredores ecológicos que permitan el desplazamiento de especies

locales. En áreas directamente afectadas, se deben implementar programas de reubicación de flora y fauna, y tras concluir las actividades de construcción, se deben desarrollar planes de reforestación con especies nativas, fomentando la recuperación de los ecosistemas impactados.

Finalmente, en el aspecto social, la prevención debe enfocarse en una comunicación transparente con las comunidades. Esto incluye realizar talleres informativos para involucrar a la población en las decisiones del proyecto y reducir la percepción negativa asociada al relleno sanitario. Para mitigar los impactos relacionados con olores y ruido, es importante utilizar coberturas diarias en las celdas de residuos, además de limitar los horarios de operación y emplear maquinaria moderna con reducción de ruido. Adicionalmente, se deben crear oportunidades laborales para la población local, complementadas con programas de capacitación, promoviendo así un impacto social positivo.

En general, estas medidas de prevención y mitigación buscan no solo reducir los impactos negativos del proyecto, sino también generar beneficios ambientales y sociales que contribuyan al bienestar de la región.

## **Capítulo 5**

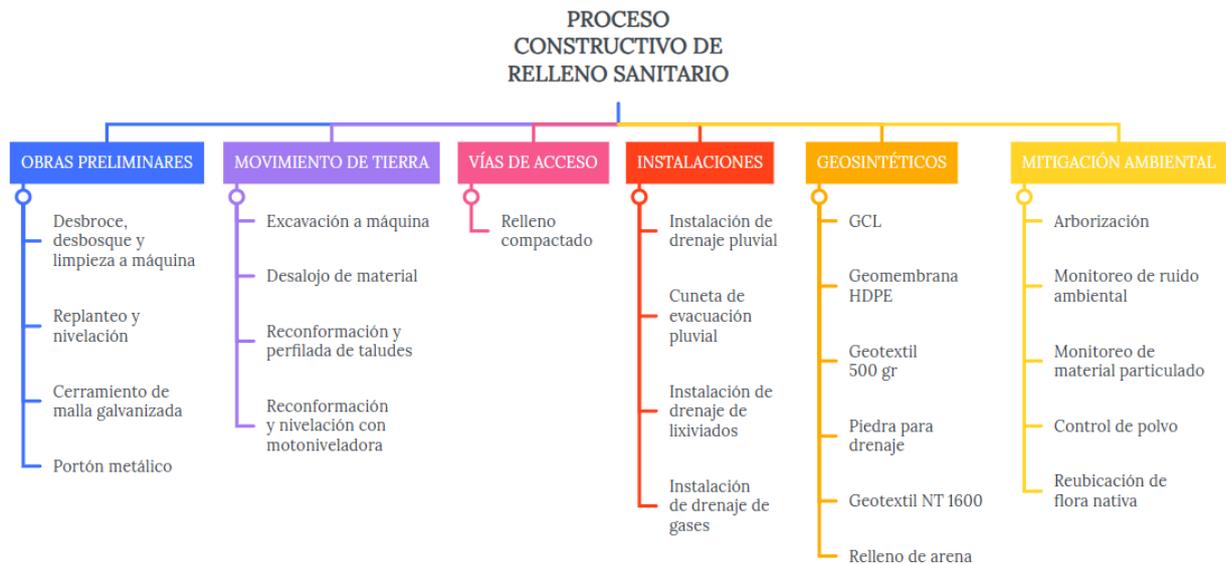
## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

El siguiente esquema de la estructura desglosada de trabajo (EDT) ilustra de manera jerárquica los principales entregables del proyecto, desglosados en actividades y tareas específicas. Este esquema facilita la visualización de las relaciones entre los diferentes niveles de trabajo, permitiendo una planificación y el seguimiento del progreso en cada etapa del proyecto.

**Figura 5.1**

*Esquema de la estructura desglosada de trabajo*



### 5.2 Rubros y análisis de precios unitarios

#### 5.2.1 Rubros

La siguiente tabla detalla los rubros principales del proyecto junto con su precio unitario correspondiente:

**Tabla 5.1**

*Rubros del proyecto y su precio unitario*

**Presupuesto**

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Ubicación		Parroquia Anconcito, Santa Elena, Ecuador	Fecha	Enero/2025	Página	1 de 2
N. Rubro	Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1. Obras preliminares</b>						<b>\$352 286.37</b>
1	1.1	Desbroce, desbroce y limpieza a máquina (incluye desalojo)	Ha	33.95	\$1 414.92	\$48 032.09
2	1.2	Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra*	m <sup>2</sup>	247 487.81	\$0.37	\$92 253.16
3	1.3	Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas)	m	2 348.42	\$88.92	\$208 818.83
4	1.4	Suministro e instalación de portón metálico con planchas	m <sup>2</sup>	18.90	\$168.38	\$3 182.29
<b>2. Movimiento de tierra</b>						<b>\$2 103 503.85</b>
5	2.1	Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad*	m <sup>3</sup>	861 205.00	\$0.84	\$722 657.78
6	2.2	Desalojo de material en sitio (incluye esponjamiento) *	m <sup>3</sup>	1 033 446.00	\$0.94	\$972 899.71
7	2.3	Reconformación y perfilada de taludes*	m <sup>2</sup>	14 891.13	\$3.25	\$48 452.31
8	2.4	Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural*	m <sup>2</sup>	220 343.31	\$1.63	\$359 494.05
<b>3. Vías de acceso</b>						<b>\$39 152.66</b>
9	3.1	Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)	m <sup>3</sup>	2 359.50	\$16.59	\$39 152.66
<b>4. Instalaciones</b>						<b>\$360 685.96</b>
10	4.1	Suministro e instalación de drenaje pluvial	m	2 059.04	\$6.96	\$14 337.17

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Ubicación		Parroquia Anconcito, Santa Elena, Ecuador	Fecha	Enero/2025	Página	2 de 2
N. Rubro	Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
11	4.2	Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m f'c=280 kg/cm2*	m	2 049.07	\$78.42	\$160 685.54
12	4.3	Suministro e instalación de drenaje de lixiviados	m	3 952.00	\$24.37	\$96 312.79
13	4.4	Suministro e instalación de drenaje de gases	m	13 221.00	\$6.76	\$89 350.47
<b>5. Geosintéticos</b>						<b>\$4 903 722.90</b>
14	5.1	Suministro e instalación de GCL e=5 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$8.20	\$1 455 488.08
15	5.2	Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$5.92	\$1 050 619.85
16	5.3	Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$3.74	\$664 945.53
17	5.4	Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m*	m <sup>3</sup>	48 430.00	\$17.62	\$853 409.63
18	5.5	Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$2.15	\$381 419.66
19	5.6	Relleno con arena e=0.20 m*	m <sup>3</sup>	37 161.34	\$15.25	\$497 840.14
<b>6. Mitigación ambiental</b>						<b>\$130 033.51</b>
20	6.1	Arborización*	u	280.00	\$391.94	\$109 742.37
21	6.2	Monitoreo de ruido ambiental	u	2.00	\$15.91	\$31.82
22	6.3	Monitoreo de material particulado	u	2.00	\$75.27	\$150.55
23	6.4	Control de polvo (agua)	m <sup>3</sup>	247.49	\$3.67	\$908.78
24	6.5	Reubicación de flora nativa	u	200.00	\$96.00	\$19 200.00
<b>Costo total de la obra (CD+CI)</b>						<b>\$7 889 385.25</b>

\*Estos rubros requieren de más de un frente de trabajo para poder alcanzar los plazos dispuestos en el cronograma, se detalla en los APUs.

## 5.2.2 Análisis de precios unitarios

**Figura 5.2**

*Ejemplo de Análisis de Precio Unitario*

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 1 de 24

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>Rubro</b>	1.1	<b>Unidad</b>	Ha	<b>Rendimiento 1</b>	8.00 h/Ha
<b>Descripción</b>	Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalojo)			<b>Rendimiento 2</b>	0.13 Ha/h
				<b>Rendimiento 3</b>	1.00 Ha/día
<b>EQUIPOS (EQ)</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% MO	1.00	\$6.62	\$6.62		\$6.62
Cargadora frontal	1.00	\$65.00	\$65.00	8.00	\$520.00
Retroexcavadora de 75 HP	1.00	\$35.00	\$35.00	8.00	\$280.00
Volqueta de 9 m3	1.00	\$30.00	\$30.00	8.00	\$240.00
				Subtotal EQ	\$1 046.62
<b>MANO DE OBRA (MO)</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Engrasador o abastecedor	1.00	\$4.14	\$4.14	8.00	\$33.12
Peón	3.00	\$4.14	\$12.42	8.00	\$99.36
				Subtotal MO	\$132.48
<b>MATERIALES (MT)</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
				Subtotal MT	
<b>TRANSPORTE (TP)</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
				Subtotal TP	
			<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$1 179.10	
			<b>Indirectos (20%)</b>	\$235.82	
			<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$1 414.92	

### **5.3 Descripción de cantidades de obra**

En el desarrollo del presupuesto de la obra, se empleó el software Civil3D para determinar las cantidades de los diferentes rubros involucrados. Este programa permite cuantificar de manera precisa las longitudes y áreas necesarias. Gracias a sus herramientas avanzadas, fue posible obtener datos detallados que facilitaron el cálculo del volumen cúbico en rubros clave, como la excavación, desalojo y relleno.

Posteriormente, los datos obtenidos de Civil3D fueron integrados en hojas de cálculo de Excel, donde se procesaron y organizaron para realizar los cálculos correspondientes.

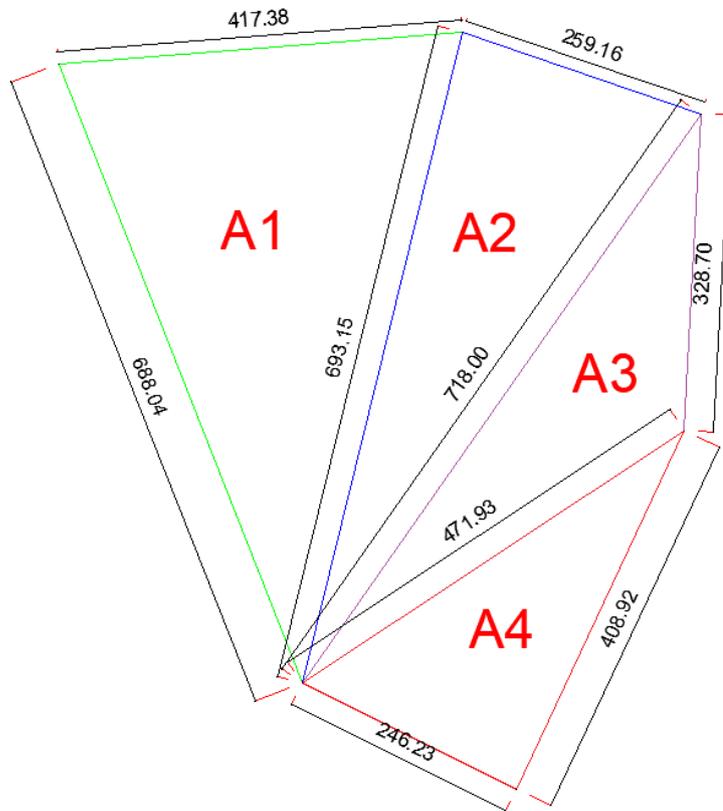
## **1. Obras preliminares**

### **1.1. Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalojo)**

Para determinar el área de la figura irregular, se empleará el método de triangulación. Este consiste en subdividir la figura en un conjunto de triángulos más simples. A cada uno de estos triángulos se le calculará su área individual utilizando las fórmulas correspondientes (base por altura dividida entre dos). Posteriormente, se realizará la sumatoria de las áreas individuales para obtener el área total de la figura irregular.

**Figura 5.3**

*Áreas acotadas*



**Tabla 5.2**

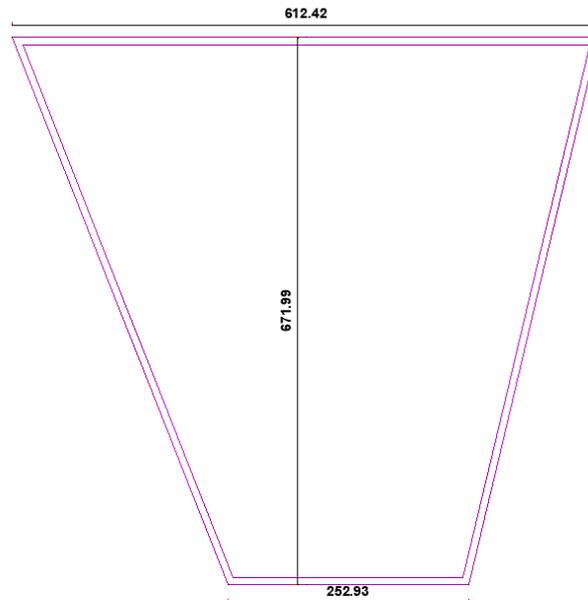
*Cálculo de áreas*

	Áreas (m <sup>2</sup> )
A1	137372.4253
A2	89459.3804
A3	62308.7881
A4	50326.8779
<b>Suma</b>	<b>339467.472</b>
<b>Conversión</b>	<b>33.95 Ha</b>

## 1.2. Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra\*

**Figura 5.4.**

*Área del relleno sanitario*



$$A_{\text{trapecio}} = \frac{(B + b) \times h}{2} \quad (5.1)$$

**Tabla 5.3**

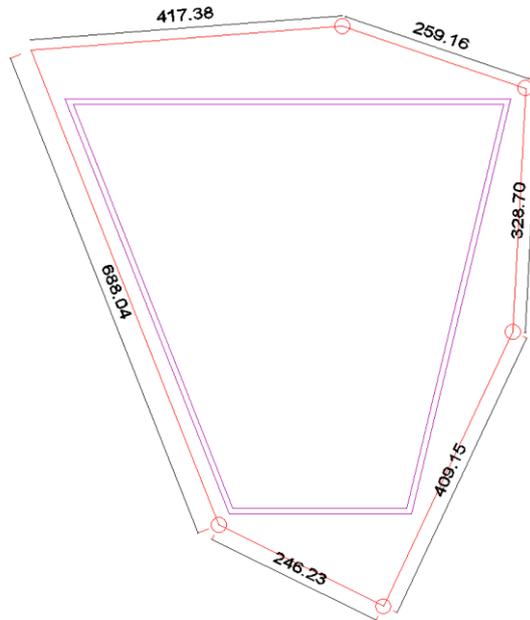
*Datos del área del relleno sanitario*

<b>Longitudes (m)</b>	
Base Mayor	612.42
Base Menor	252.93
Altura	571.99
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>247487.81</b>

1.3. Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas).

**Figura 5.5**

*Perímetro del Proyecto en software AutoCAD*



Donde tendremos las siguientes longitudes para esa área irregular:

$$P = L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6 \quad (5.2)$$

**Tabla 5.4**

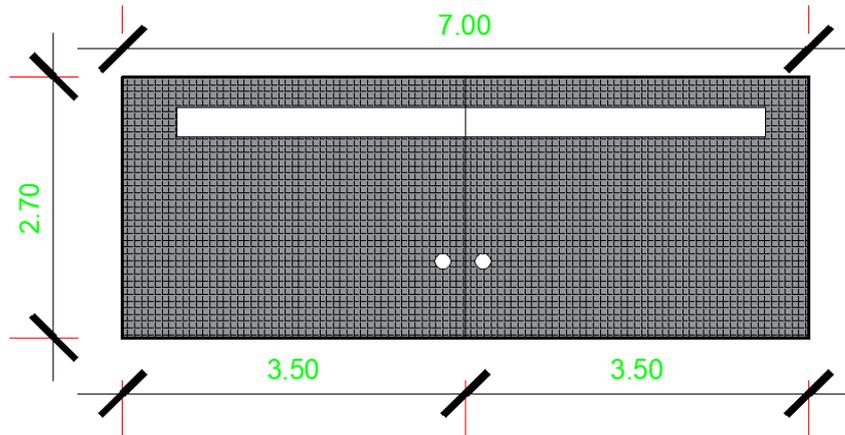
*Datos de longitudes de área irregular a cota 30 del proyecto*

	<b>Longitud (m)</b>
L1	417.38
L2	259.16
L3	328.70
L4	409.15
L5	246.23
L6	688.04
<b>Perímetro</b>	<b>2348.42</b>

## 1.4. Suministro e instalación de portón metálico con planchas

**Figura 5.6**

*Bosquejo de portón metálico con planchas*



Para el cálculo del área del portón se utilizó la siguiente fórmula de área de un rectángulo cuyos fueron tomando en cuenta las dimensiones para que puedan transitar dos camiones de basura.

$$A_{\text{portón}} = B \times L \quad (5.3)$$

Reemplazando los datos:

$$A_{\text{portón}} = 7 \times 2.7$$

$$A_{\text{portón}} = 18.9 \text{ m}^2$$

## 2. Movimiento de tierra

### 2.1. Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad\*

Esta cantidad es calculada mediante el “Método de diseño por área para relleno sanitario”, donde se calculó las diferentes áreas transversales del futuro relleno sanitario, con el fin de utilizar el cálculo del Volumen de la regla de Simpson que indica:

$$V = \frac{d}{3} \times (A_1 + A_5 + 2 \times A_3 + 4(A_2 + A_4))m^3 \quad (5.4)$$

$$V = \frac{100}{3} \times (1344.1 + 2601.1 + 2 \times 1972.6 + 4(1658.35 + 2286.85))m^3$$

$$V = 789040 \text{ m}^3$$

Ha este volumen hay que sumarle el volumen de la laguna de lixiviados los que nos da el siguiente resultado:

$$V_{total} = 789040 + 72165 = 861205 \text{ m}^3$$

## 2.2. Desalajo de material en sitio (incluye esponjamiento)\*

Para esto se considera tanto el volumen calculado previamente más un 20% de esponjamiento:

$$V_{desalajo} = V_{exc} + 0.2V_{exc} \quad (5.5)$$

$$V_{desalajo} = 861205 + 0.2(861205) = 1033446 \text{ m}^3$$

## 2.3. Reconformación y perfilada de taludes\*

Para el cálculo de la reconformación y perfilada se tiene que restar el área de la superficie del relleno sanitario (cota 30) con el área de fondo de este (cota 25). Teniendo el siguiente proceso:

**Tabla 5.5***Datos de áreas del relleno sanitario*

	<b>Trapezio Mayor</b>	<b>Trapezio Menor</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Base Mayor	590.56	575.56	235324.44
Base Menor	248.05	233.05	220343.31
Altura	559.99	544.99	BM-bm (m <sup>2</sup> )
Taludes			14891.13

#### **2.4. Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural\***

Para este rubro se toma en consideración el área de fondo (cota 25) del relleno sanitario que se calculó anteriormente en el rubro 2.3

$$A_{fondo} = \frac{(575.56 + 233.05)}{2} \times 544.99$$

$$A_{fondo} = 220343.31 \text{ m}^2$$

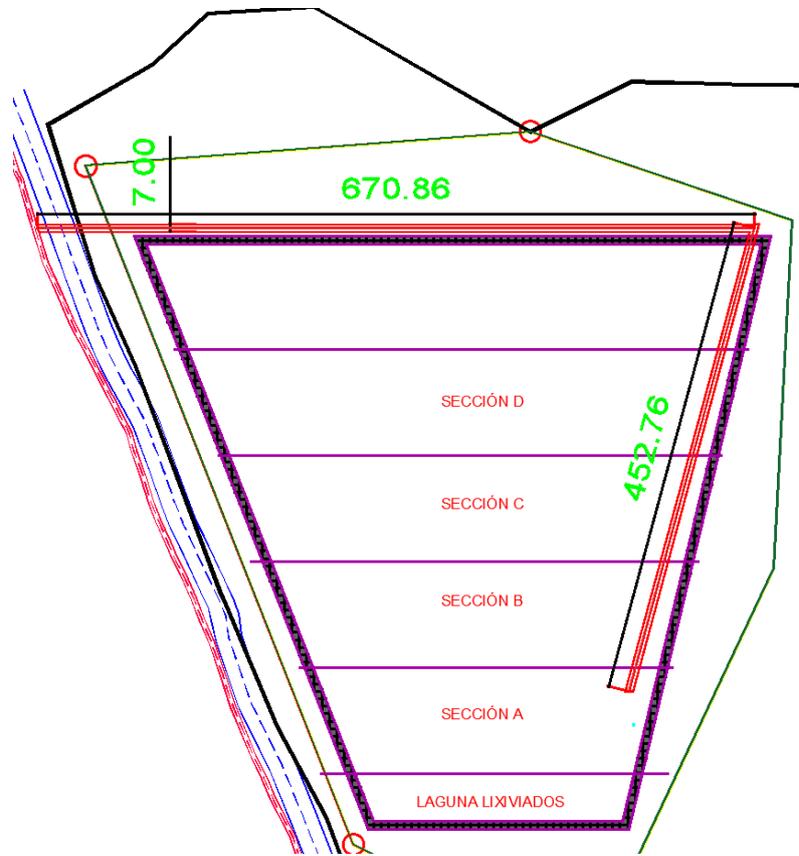
### **3. Vías de acceso**

#### **3.1. Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)**

Para determinar el volumen de material de relleno compactado requerido para la construcción de la vía de acceso con un espesor de 30 cm, se procederá a cuantificar el área proyectada sobre la cota superior del relleno sanitario. Esta área de influencia, expresada en metros cuadrados, servirá como base para los cálculos volumétricos.

**Figura 5.7**

*Dimensiones de vía de acceso*



Donde, para el volumen de la vía de acceso solo se necesita multiplicar los valores de altura, distancia con el espesor que especifica el rubro.

$$V_{vía} = (670.86 + 452.76)m \times 7m \times 0.3m$$

$$V_{vía} = 7865 \times 0.3 = 2359.50 m^3$$

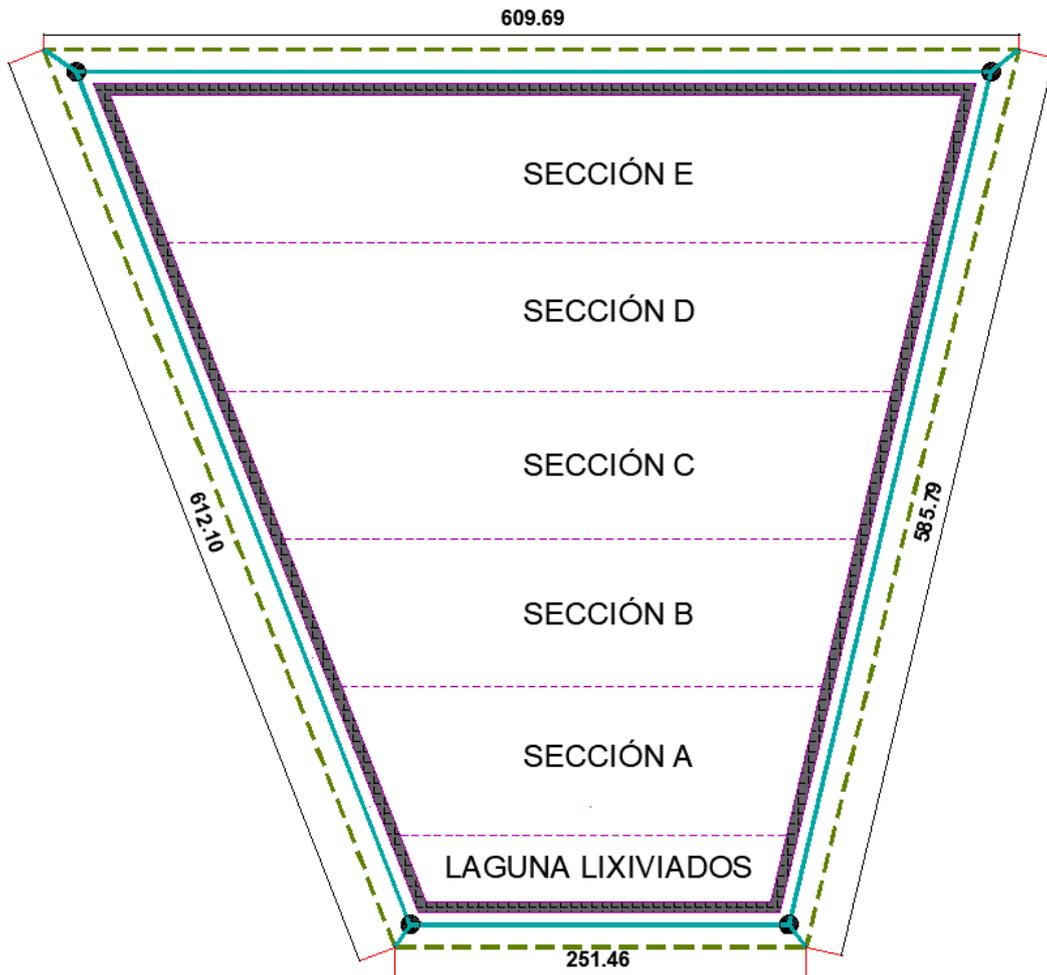
## 4. Instalaciones

### 4.1 Suministro e instalación de drenaje pluvial

El drenaje pluvial como la cuneta de evacuación estarán ubicados alrededor del área del relleno sanitario a una distancia de 5m (drenaje) y 1m (cuneta), estos mismo se calculan automáticamente con el software de AutoCAD

**Figura 5.8**

*Bosquejo de drenaje pluvial, valores de área y longitud*



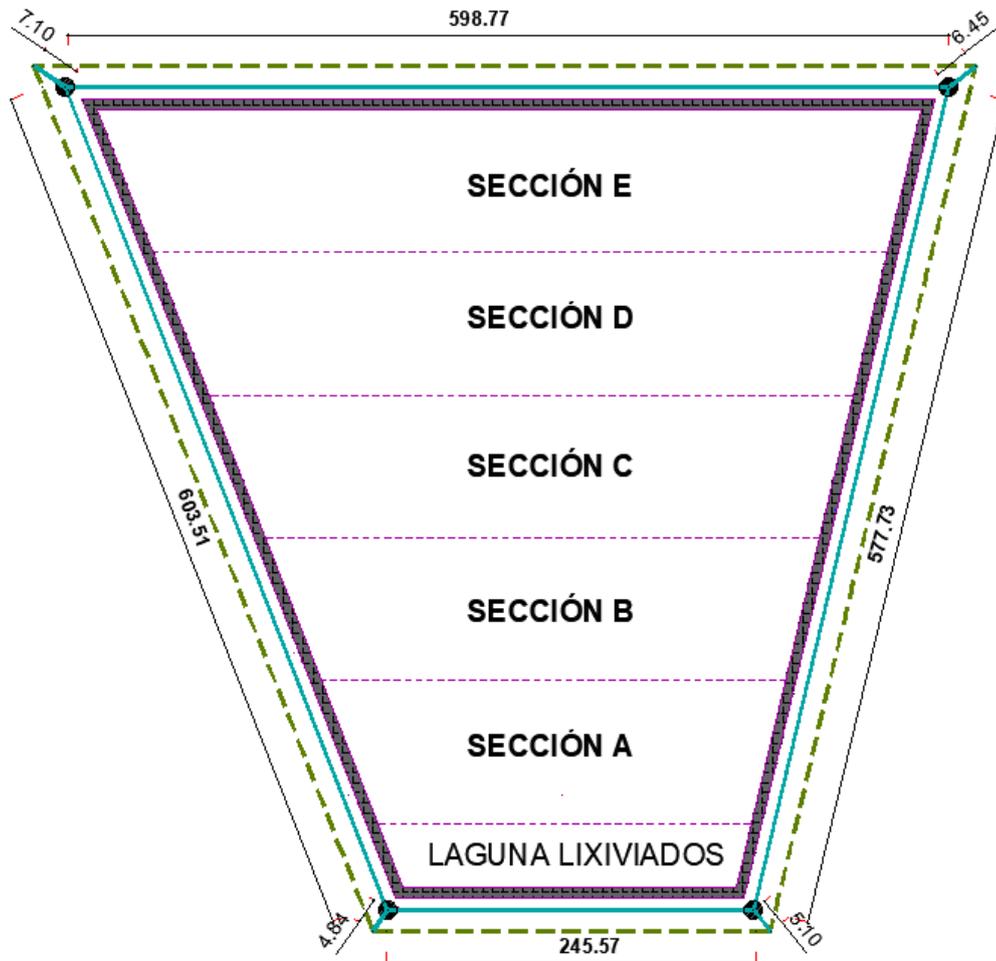
$$L_{cuneta} = 609.69 + 585.79 + 612.10 + 251.46$$

$$L_{cuneta} = 2059.04 \text{ m}$$

## 4.2. Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m f'c=280 kg/cm<sup>2</sup>\*

**Figura 5.9**

*Bosquejo de cuneta pluvial, valores de área y longitud*



$$L_{cuneta} = 598.77 + 6.45 + 577.73 + 5.10 + 245.57 + 4.84 + 603.51 + 7.10$$

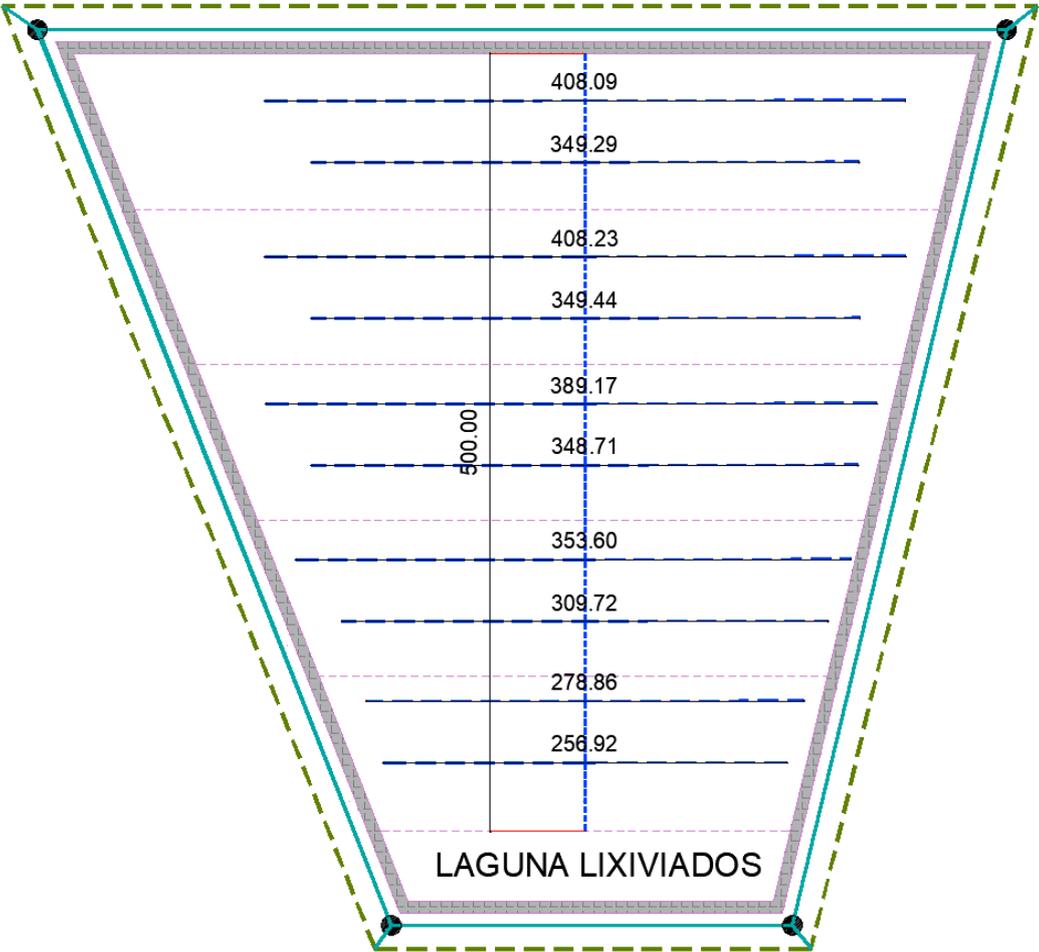
$$L_{cuneta} = 2049.07 \text{ m}$$

### 4.3. Suministro e instalación de drenaje de lixiviados

Para saber las cantidades de suministro e instalación debemos tener claro las longitudes del drenaje de recolección en cada una de las secciones. Estas dimensiones se aplicarán también para el drenaje de gases.

**Figura 5.10**

*Bosquejo de drenaje de lixiviados*



## Figura 5.11

Datos de longitudes tomadas del software de AutoCAD

LIXIVADOS	CANALES	LONGITUD	C.PRINCIPAL	L.Final
A	4	256,92	500	3952,03
		278,86		
B	4	309,72		
		353,6		
C	4	348,71		
		389,17		
D	4	349,44		
		408,22		
E	4	349,3		
		408,09		
	SUMA	3452,03		

La cantidad en tomar en cuenta será la sumatoria de las longitudes de cada sección para sumarla con la longitud del canal principal de lixiviados teniendo una cantidad de **3952.03 m**

### 4.4 Suministro e instalación de drenaje de gases

La cantidad de longitud lineal para el drenaje de gases se toma con el conteo del número de chimeneas que dispongamos, para este relleno sanitario contamos con un valor de **1836 chimeneas** ubicadas verticalmente cada 5 metros y con una extensión de 7.20 metros que corresponden a la longitud desde la primera capa de residuos sólidos compactados hasta 2.70 metros por encima de la última capa de cobertura, por lo tanto:

$$L_{gases} = 1836 \times 7.20 \text{ m} = 13221 \text{ m}$$

## 5. GEOSINTÉTICOS

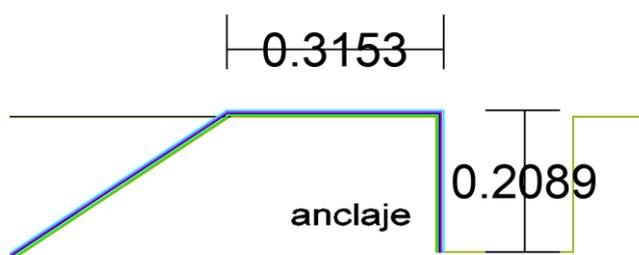
### 5.1 Suministro e instalación de GCL e=5 mm\*

Para el cálculo de cantidad de Geosintéticos se puede tomar de la siguiente manera. Tomando “**áreas por secciones**” de la A-E incluyendo la “Laguna de Lixiviados”, va a depender de las de longitud que abarque desde el anclaje en la cota 30 hasta el fondo del relleno sanitario (cota 25) respetando sus respectivos espesores.

Que en su mayoría abarca una longitud 0.6 m para un lado lo que daría 1.2 m por sección transversal total desde el talud (cota 30) hasta el anclaje.

#### Figura 5.12

*Medida de anclaje para Geosintéticos*

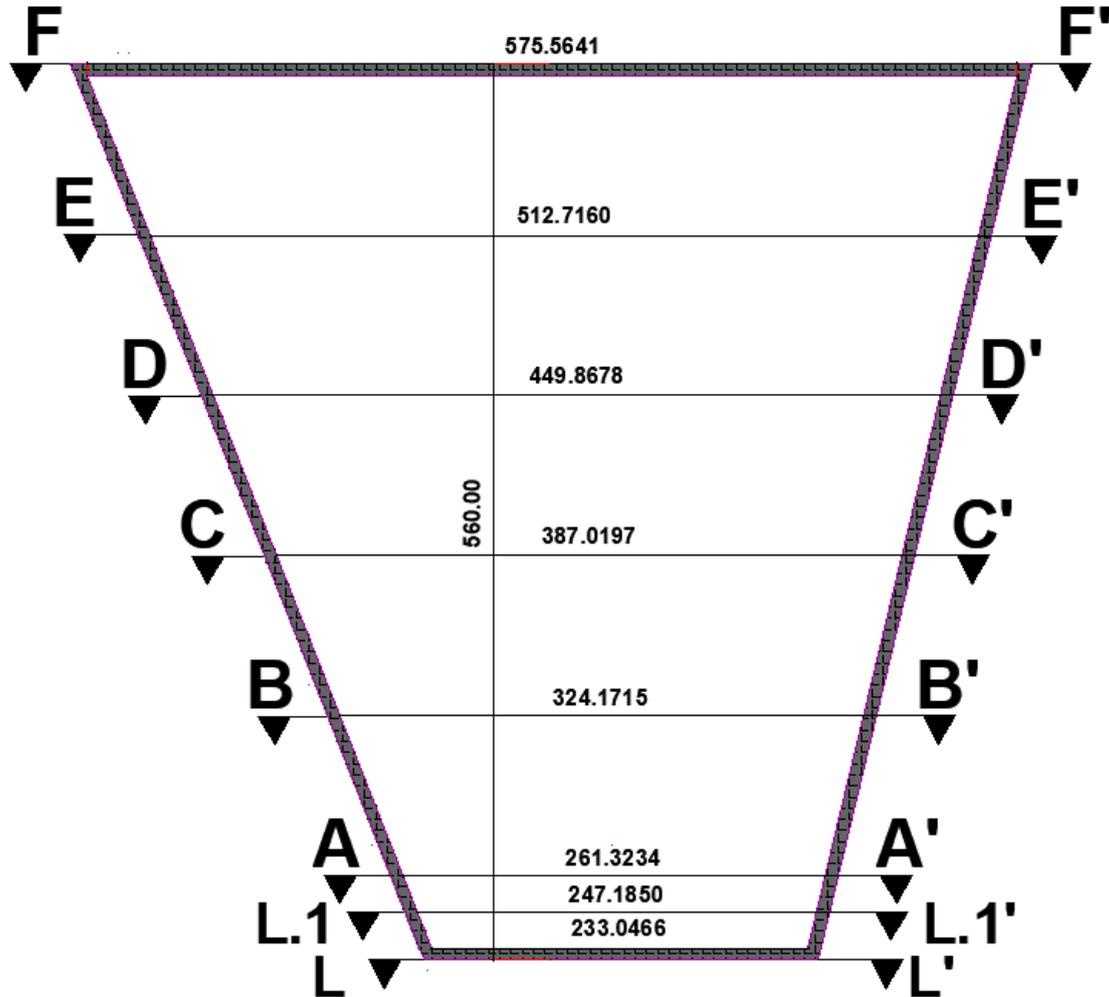


#### A. Método de Cálculo por Área Secciones

Vamos a utilizar en primer lugar el área total del terreno incluyendo los taludes:

**Figura 5.13**

*Dimensiones de relleno por secciones*



Como datos inicial tendremos los valores de longitudes de fondo por medio de los cortes transversales donde van a ubicados los geosinteticos, separandolos en diversas areas de trapecios.

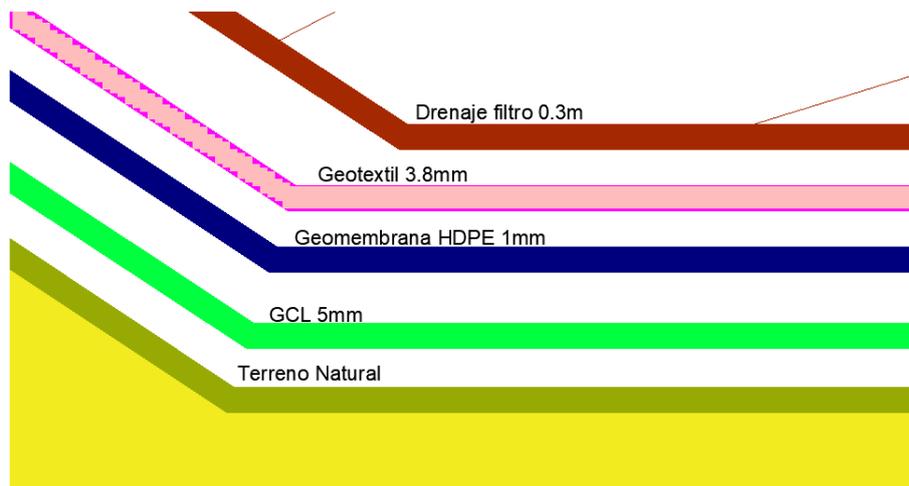
**Tabla 5.6**

*Datos de Relleno Sanitario*

<b>Cortes</b>	<b>Longitudes de fondo (m)</b>
<b>A</b>	261.3234
<b>B</b>	324.1715
<b>C</b>	387.0197
<b>D</b>	449.8678
<b>E</b>	512.7160
<b>F</b>	<b>575.5641</b>
<b>L.1</b>	247.1850
<b>L</b>	<b>233.0466</b>

**Figura 5.14**

*Distribución de los Geosintéticos en el fondo del relleno sanitario*



**Figura 5.15**

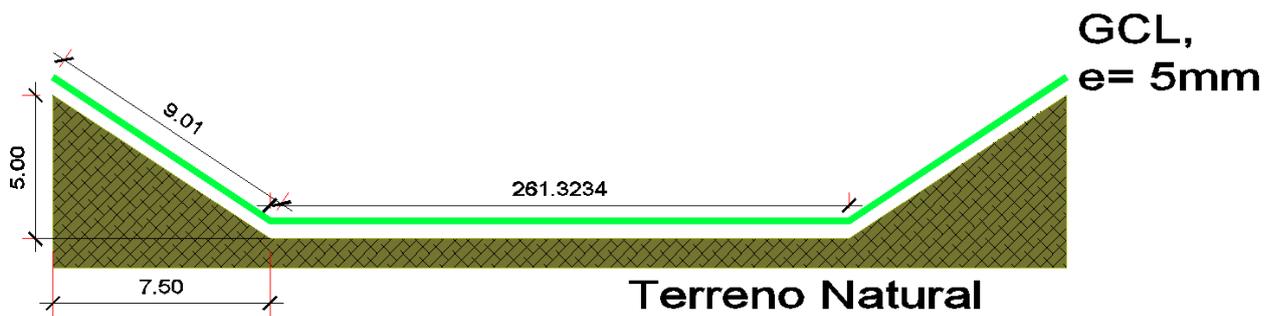
*Distribución de Geosintéticos restante*



Con los valores calculados automaticamente por el software AutoCAD vamos a tener las longitudes de las áreas transversales de cada una de las secciones y laguna de lixiviados.

**Figura 5.16**

*Cota de GCL sección A (Ejemplo) y medidas de Talud*



$$L_{GCL} = 261.3219\text{ m} + 2 \times 9.0131\text{ m}$$

$$L_{GCL} = 279.348\text{ m} \quad L_{GCL} = 279.348\text{ m}$$

**Tabla 5.7***Datos de GCL de secciones*

<b>Longitudes de GCL (m)</b>	
A	279.348
B	346.531
C	413.714
D	480.897
E	548.080
<b>F</b>	<b>615.263</b>
L.1	264.235
<b>L</b>	<b>249.121</b>

Para el cálculo de área necesaria se utilizará las longitudes **menores** y **mayores** respectivamente para calcular el área de trapecio, teniendo una altura de 560 m:

$$A_{GCL} = \frac{1.2(615.263 + 249.235)}{2} \times 560$$

$$A_{GCL} = 177566 \text{ m}^2$$

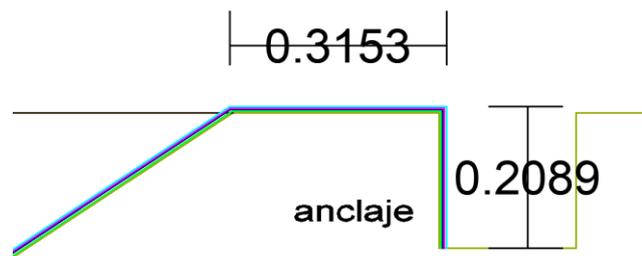
## 5.2. Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm\*

Para el cálculo de cantidad de Geosintéticos se puede tomar de la siguiente manera. Tomando “**áreas por secciones**” de la A-E incluyendo la “Laguna de Lixiviados”, va a depender de las de longitud que abarque desde el anclaje en la cota 30 hasta el fondo del relleno sanitario (cota 25) respetando sus respectivos espesores.

Que en su mayoría abarca una longitud 0.6 m para un lado lo que daría 1.2 m por sección transversal total desde el talud (cota 30) hasta el anclaje.

### Figura 5.17

Medida de anclaje para Geosintéticos



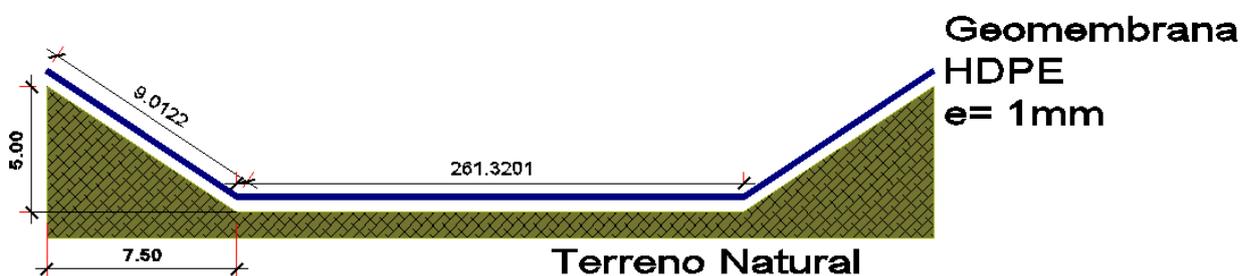
### A. Método de Cálculo por Área Secciones

Vamos a utilizar en primer lugar el área total del terreno incluyendo los taludes:

Como datos inicial tendremos los valores de longitudes de fondo por medio de los cortes transversales donde se puede observar los geosintéticos:

### Figura 5.18

Cota de HDPE sección A (Ejemplo) y medidas de Talud



$$L_{HDPE} = 261.3201 \text{ m} + 2 \times 9.0122$$

$$L_{HDPE} = 279.345 \text{ m}$$

**Tabla 5.8**

*Datos de HDPE de secciones*

<b>Longitudes de HDPE (m)</b>	
A	279.345
B	346.527
C	413.709
D	480.891
E	548.073
FINAL	615.256
C.1 LAG	264.231
LAGUNA	249.118

Para el cálculo de área necesaria se utilizará las longitudes menores y mayores respectivamente para calcular el área de trapecio, teniendo una altura de 560 m:

$$A_{HDPE} = \frac{1.2(615.256 + 249.118)}{2} \times 560$$

$$A_{HDPE} = 177563 \text{ m}^2$$

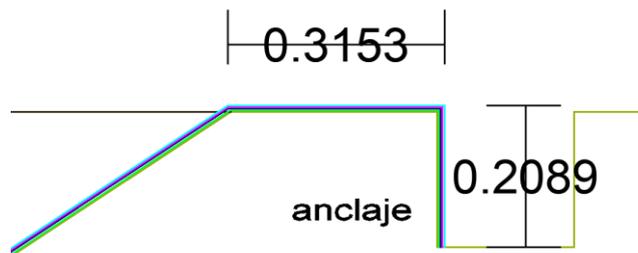
### 5.3 Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm\*

Para el cálculo de cantidad de Geosintéticos se puede tomar de la siguiente manera. Tomando “**áreas por secciones**” de la A-E incluyendo la “Laguna de Lixiviados”, va a depender de las de longitud que abarque desde el anclaje en la cota 30 hasta el fondo del relleno sanitario (cota 25) respetando sus respectivos espesores.

Que en su mayoría abarca una longitud 0.6 m para un lado lo que daría 1.2 m por sección transversal total desde el Talud (cota 30) hasta el anclaje.

#### Figura 5.19

*Medida de anclaje para Geosintéticos*



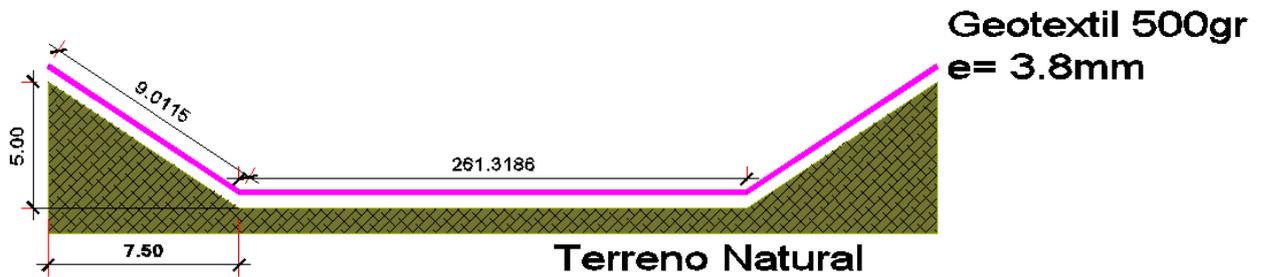
#### A. Método de Cálculo por Área Secciones

Vamos a utilizar en primer lugar el área total del terreno incluyendo los taludes:

Como datos inicial tendremos los valores de longitudes de fondo por medio de los cortes transversales donde se puede observar los geosintéticos:

**Figura 5.20**

*Cota de Geotextil 500gr sección A (Ejemplo) y medidas de Talud*



$$L_{Geo500} = 261.3186 \text{ m} + 2 \times 9.0115 \text{ m}$$

$$L_{Geo500} = 279.342 \text{ m}$$

**Tabla 5.9**

*Datos de Geotextil 500gr de secciones*

Longitudes de GeoTextil	
500 (m)	
A	279.342
B	346.523
C	413.705
D	480.886
E	548.068
F	615.249
L.1	264.228
L	249.115

Para el cálculo de área necesaria se utilizará las longitudes menores y mayores respectivamente para calcular el área de trapecio, teniendo una altura de 560 m:

$$A_{GeoTex} = \frac{1.2(615.249 + 249.115)}{2} \times 560$$

$$A_{GeoTex} = 177561 \text{ m}^2$$

#### 5.4. Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m\*

Para determinar el volumen de material de drenaje y sacrificio, se procederá a calcular el área de la sección transversal interna de cada elemento. Posteriormente, multiplicando esta área por la longitud total de cada elemento, se obtendrá el volumen requerido para todo el relleno:

$$V_{drenaje} = \left( \frac{AT_{mayor} + AT_{menor}}{2} \right) \times H$$

$$V_{drenaje} = \left( \frac{171.57 + 69.47}{2} \right) \times 560 = 48430 \text{ m}^3$$

**Tabla 5.10**

*Valores de volúmenes de drenaje*

Cortes	Drenaje (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
A	77.90		
B	96.63		
C	115.37		
D	134.10		
E	152.84	0.30	48430.00
F	171.57		
L	69.47		
L.1	73.69		

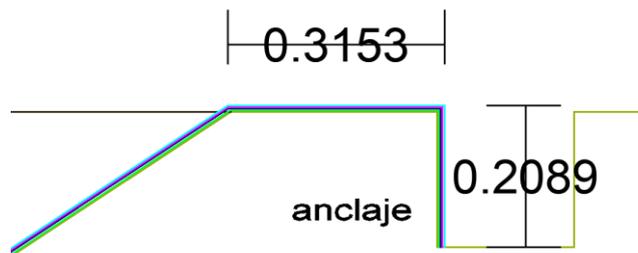
## 5.5 Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm

Para el cálculo de cantidad de Geosintéticos se puede tomar de la siguiente manera. Tomando “áreas por secciones” de la A-E incluyendo la “Laguna de Lixiviados”, va a depender de las de longitud que abarque desde el anclaje en la cota 30 hasta el fondo del relleno sanitario (cota 25) respetando sus respectivos espesores.

Que en su mayoría abarca una longitud 0.6 m para un lado lo que daría 1.2 m por sección transversal total desde el talud (cota 30) hasta el anclaje.

### Figura 5.21

*Medida de anclaje para Geosintéticos*

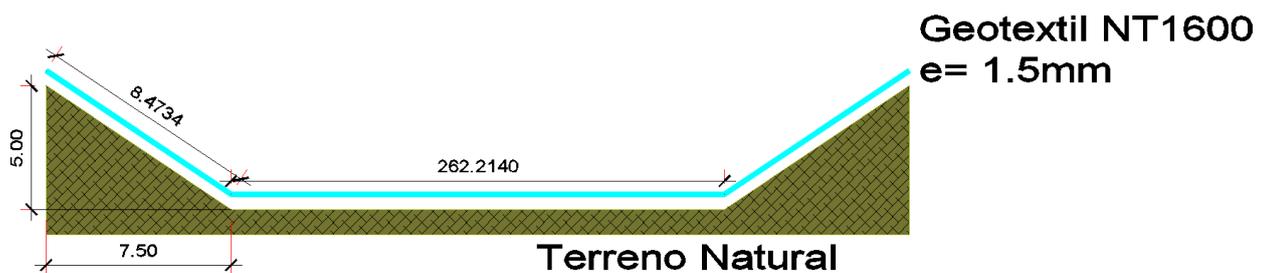


### A. Método de Cálculo por Área Secciones

Vamos a utilizar en primer lugar el área total del terreno incluyendo los taludes:

### Figura 5.22

*Cota de Geotextil NT 1600 sección A (Ejemplo) y medidas de Talud*



$$L_{GeoNT} = 262.2140 \text{ m} + 2 \times 8.4734 \text{ m}$$

$$L_{GeoNT} = 279.161 \text{ m}$$

**Tabla 5.11**

*Datos de Geotextil NT 1600 de secciones*

<b>Longitudes de GeoNT1600</b>	
<b>(m)</b>	
A	279.161
B	346.299
C	413.437
D	480.575
E	547.713
F	614.851
L.1	264.057
L	248.954

Para el cálculo de área necesaria se utilizará las longitudes menores y mayores respectivamente para calcular el área de trapecio, teniendo una altura de 560 m:

$$A_{GeoNT} = \frac{1.2(614.851 + 248.954)}{2} \times 560$$

$$A_{GeoNT} = 177447 \text{ m}^2$$

## 5.6. Relleno con arena e=0.20 m

Para el caso de los drenajes y material de sacrificio, se calcula el **área transversal interna** para posteriormente aplicar la fórmula del prismoide para la laguna de lixiviados y la fórmula de Simpson para el resto del relleno:

$$V_{material} = \left( \frac{AT_{mayor} + AT_{menor}}{2} \right) \times L$$

$$V_{material} = \left( \frac{115.64 + 46.82}{2} \right) \times 560 = 37161.34 \text{ m}^3$$

**Tabla 5.12**

*Valores de volúmenes de material de sacrificio (arena)*

Cortes	M. Sacrificio (m <sup>2</sup> )	Espesor (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
A	52.20		
B	65.13		
C	77.76		
D	90.38		
E	103.01	0.30	37161.34
F	115.64		
L.1	49.66		
L	46.82		

## 6. Mitigación ambiental

### 6.1 Arborización

Para la Arborización se va a tomar en cuenta la distancia de referencia del abscisado de la vía que equivale al 1.4km sobre la relación de espacio que debe considerarse el crecimiento de árboles que es de 5m.

Entonces tendremos:

$$\text{Arboles} = \frac{1400 \text{ m}}{5} = 280 \text{ unidades}$$

### 6.2 Monitoreo de ruido ambiental y Monitoreo de material particulado

Para este proyecto se ubicarán **2 unidades** para cada rubro.

### 6.3 Control de polvo (agua)

Para calcular el polvo se considera que por cada Ha que tengamos se utilizara 10 m<sup>3</sup> aproximadamente de agua, entonces tendremos un valor de **248 m<sup>3</sup>**.

### 6.4 Reubicación de flora nativa

Para el proyecto se utilizará **200 unidades** para la reubicación de flora nativa

## 5.4 Valoración integral del costo del proyecto

De acuerdo con el presupuesto establecido, el costo unitario por metro cuadrado de construcción en este proyecto es de \$31.88 USD/m<sup>2</sup>. Este valor se ha determinado en función del costo total del proyecto y el área destinada para su ejecución.

$$\text{Costo por metro cuadrado} = \frac{7,889,385.25 \text{ USD}}{339467.4717 \text{ m}^2} = 31.88 \frac{\text{USD}}{\text{m}^2}$$

Al comparar esta cifra con el proyecto integrador del año 2019, titulado "Estudio de Prefactibilidad para el Diseño de un Relleno Sanitario en la Provincia de Santa Elena con Afectación de la Población Flotante", cuyo costo unitario fue de \$44.44 USD/m<sup>2</sup>, se observa una reducción significativa en los costos de construcción. La principal diferencia entre ambos proyectos radica en la cantidad y extensión del sistema de recolección de lixiviados.

## 5.5 Cronograma de obra

El cronograma de obra establece la planificación detallada para la ejecución del proyecto, asegurando un desarrollo ordenado y eficiente de las actividades. Se contemplan seis actividades principales, las cuales definen las tareas necesarias para la construcción del relleno sanitario.

Cada actividad ha sido programada considerando los tiempos de ejecución, la disponibilidad de recursos y la optimización de los procesos constructivos. De esta manera, se garantiza el cumplimiento de los plazos establecidos, el uso eficiente de los materiales y la adecuada coordinación de la mano de obra y equipos.

A continuación, se detalla la secuencia de actividades y rubros, proporcionando una visión clara del avance esperado en cada etapa del proyecto.

### Tabla 5.13

*Cronograma de obra: Diseño de un relleno sanitario en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena*

Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconito cantón Salinas provincia Santa Elena

Ubicación		Parroquia Anconito, Santa Elena, Ecuador		Fecha		Enero/2025		Página		1 de 4		Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5		Mes 6	
N. Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	Rendimiento (u/día)	Duración (días)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
<b>1. Obras preliminares</b>																							
1	1.1	Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalojo)	Ha	33.95	\$1 414.92	1.00	34																
2	1.2	Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra*	m <sup>2</sup>	247 487.81	\$0.37	500.00	49																
3	1.3	Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas)	m	2 348.42	\$88.92	53.33	44																
4	1.4	Suministro e instalación de portón metálico con planchas	m <sup>2</sup>	18.90	\$168.38	2.42	8																
<b>2. Movimiento de tierra</b>																							
5	2.1	Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad*	m <sup>3</sup>	861 205.00	\$0.84	615.38	93																
6	2.2	Desalojo de material en sitio (incluye esponjamiento)*	m <sup>3</sup>	1 033 446.00	\$0.94	615.38	93																
7	2.3	Reconformación y perfilada de taludes*	m <sup>2</sup>	14 891.13	\$3.25	160.00	23																
8	2.4	Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural*	m <sup>2</sup>	220 343.31	\$1.63	592.59	46																
<b>3. Vías de acceso</b>																							
9	3.1	Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)	m <sup>3</sup>	2 359.50	\$16.59	200.00	12																
<b>4. Instalaciones</b>																							
10	4.1	Suministro e instalación de drenaje pluvial	m	2 059.04	\$6.96	133.33	15																
11	4.2	Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m f=280 kg/cm2*	m	2 049.07	\$78.42	5.63	45																
12	4.3	Suministro e instalación de drenaje de lixiviados	m	3 952.00	\$24.37	123.08	32																
13	4.4	Suministro e instalación de drenaje de gases	m	13 221.00	\$6.76	123.08	107																
<b>5. Geosintéticos</b>																							
14	5.1	Suministro e instalación de GCL e=5 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$8.20	320.00	37																
15	5.2	Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm*	m <sup>2</sup>	177 563.00	\$5.92	320.00	37																
16	5.3	Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm*	m <sup>2</sup>	177 561.00	\$3.74	320.00	37																
17	5.4	Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m*	m <sup>3</sup>	48 430.00	\$17.62	400.00	12																
18	5.5	Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm*	m <sup>2</sup>	177 447.00	\$2.15	320.00	37																
19	5.6	Relleno con arena e=0.20 m*	m <sup>3</sup>	32 641.00	\$15.25	400.00	8																
<b>6. Mitigación ambiental</b>																							
20	6.1	Arborización*	u	280.00	\$391.94	1.86	50																
21	6.2	Monitoreo de ruido ambiental	u	2.00	\$15.91	8.00	0																
22	6.3	Monitoreo de material particulado	u	2.00	\$75.27	2.00	1																
23	6.4	Control de polvo (agua)	m <sup>3</sup>	247.49	\$3.67	20.00	12																
24	6.5	Reubicación de flora nativa	u	200.00	\$96.00	2.67	75																
<b>Costo total de la obra (CD+CI)</b>																							
																						\$7 889 385.25	

\*Estos rubros requieren de más de un frente de trabajo para poder alcanzar los plazos dispuestos en el cronograma, se detalla en los APU's.



**Obras: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Ubicación	Parroquia Anconito, Santa Elena, Ecuador	Fecha	Enero/2025	Página	3 de 4	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18												
N.	Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	Rendimiento (u/día)	Duración (días)	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4			
<b>1. Obras preliminares</b>																							
1	1.1	Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalajo)	Ha	33.95	\$1 414.92	\$48 032.09	1.00	34															
2	1.2	Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra*	m <sup>2</sup>	247 487.81	\$0.37	\$92 253.16	500.00	49															
3	1.3	Cerramiento de mailla galvanizada H=2.7 m (incluye mailla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de puas)	m	2 348.42	\$88.92	\$208 818.83	53.33	44															
4	1.4	Suministro e instalación de portón metálico con planchas	m <sup>2</sup>	18.90	\$168.38	\$3 182.29	2.42	8															
<b>2. Movimiento de tierra</b>																							
5	2.1	Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad*	m <sup>3</sup>	861 205.00	\$0.84	\$722 657.78	615.38	93															
6	2.2	Desalajo de material en sitio (incluye esponjamiento)*	m <sup>3</sup>	1 033 446.00	\$0.94	\$972 899.71	615.38	93															
7	2.3	Reconformación y perfilada de taludes*	m <sup>2</sup>	14 891.13	\$3.25	\$48 452.31	160.00	23															
8	2.4	Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural*	m <sup>2</sup>	220 343.31	\$1.63	\$359 494.05	592.59	46															
<b>3. Vías de acceso</b>																							
9	3.1	Relleno compactado a máquina con material casajo importado e=30 cm (incluye transporte)	m <sup>3</sup>	2 359.50	\$16.59	\$39 152.66	200.00	12															
<b>4. Instalaciones</b>																							
10	4.1	Suministro e instalación de drenaje pluvial	m	2 059.04	\$6.96	\$14 337.17	133.33	15															
11	4.2	Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m f=280 kg/cm2*	m	2 049.07	\$78.42	\$160 685.54	5.63	45															
12	4.3	Suministro e instalación de drenaje de lixiviados	m	3 952.00	\$24.37	\$96 312.79	123.08	32															
13	4.4	Suministro e instalación de drenaje de gases	m	13 221.00	\$6.76	\$89 350.47	123.08	107															
<b>5. Geosintéticos</b>																							
14	5.1	Suministro e instalación de GCL e=5 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$8.20	\$1 455 488.08	320.00	37															
15	5.2	Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm*	m <sup>2</sup>	177 563.00	\$5.92	\$1 050 619.85	320.00	37															
16	5.3	Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm*	m <sup>2</sup>	177 561.00	\$3.74	\$664 945.53	320.00	37															
17	5.4	Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m*	m <sup>3</sup>	48 430.00	\$17.62	\$853 409.63	400.00	12															
18	5.5	Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm*	m <sup>2</sup>	177 447.00	\$2.15	\$381 419.66	320.00	37															
19	5.6	Relleno con arena e=0.20 m*	m <sup>3</sup>	32 641.00	\$15.25	\$497 840.14	400.00	8															
<b>6. Mitigación ambiental</b>																							
20	6.1	Arborización*	u	280.00	\$391.94	\$109 742.37	1.86	50															
21	6.2	Monitoreo de ruido ambiental	u	2.00	\$15.91	\$31.82	8.00	0															
22	6.3	Monitoreo de material particulado	u	2.00	\$75.27	\$150.55	2.00	1															
23	6.4	Control de polvo (agua)	m <sup>3</sup>	247.49	\$3.67	\$908.78	20.00	12															
24	6.5	Reubicación de flora nativa	u	200.00	\$96.00	\$19 200.00	2.67	75															
																			<b>Costo total de la obra (CD+CI)</b>			\$7 889 385.25	\$31.88

\*Estos rubros requieren de más de un frente de trabajo para poder alcanzar los plazos dispuestos en el cronograma, se detalla en los APUs.

Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconito cantón Salinas provincia Santa Elena

Ubicación		Fecha		Página		4 de 4				Mes 19				Mes 20				Mes 21				Mes 22				Mes 23				Mes 24			
Parroquia Anconito, Santa Elena, Ecuador		Enero/2025		Página						S1 S2 S3 S4				S1 S2 S3 S4				S1 S2 S3 S4				S1 S2 S3 S4				S1 S2 S3 S4				S1 S2 S3 S4			
N.	Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	Rendimiento (u/día)	Duración (días)																									
<b>1. Obras preliminares</b>									<b>\$352 286,37</b>																								
1	1.1	Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalajo)	Ha	33.95	\$1 414.92	\$48 032.09	1.00	34																									
2	1.2	Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra*	m <sup>2</sup>	247 487.81	\$0.37	\$92 253.16	500.00	49																									
3	1.3	Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas)	m	2 348.42	\$88.92	\$208 818.83	53.33	44																									
4	1.4	Suministro e instalación de portón metálico con planchas	m <sup>2</sup>	18.90	\$168.38	\$3 182.29	2.42	8																									
<b>2. Movimiento de tierra</b>									<b>\$2 103 503,85</b>																								
5	2.1	Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad*	m <sup>3</sup>	861 205.00	\$0.84	\$722 657.78	615.38	93																									
6	2.2	Desalajo de material en sitio (incluye esponjamiento)*	m <sup>3</sup>	1 033 446.00	\$0.94	\$972 899.71	615.38	93																									
7	2.3	Reconformación y perfilada de taludes*	m <sup>2</sup>	14 891.13	\$3.25	\$48 452.31	160.00	23																									
8	2.4	Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural*	m <sup>2</sup>	220 343.31	\$1.63	\$359 494.05	592.59	46																									
<b>3. Vías de acceso</b>									<b>\$39 152,66</b>																								
9	3.1	Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)	m <sup>3</sup>	2 359.50	\$16.59	\$39 152.66	200.00	12																									
<b>4. Instalaciones</b>									<b>\$360 685,96</b>																								
10	4.1	Suministro e instalación de drenaje pluvial	m	2 059.04	\$6.96	\$14 337.17	133.33	15																									
11	4.2	Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m fc=280 kg/cm2*	m	2 049.07	\$78.42	\$160 685.54	5.63	45																									
12	4.3	Suministro e instalación de drenaje de lixiviados	m	3 952.00	\$24.37	\$96 312.79	123.08	32																									
13	4.4	Suministro e instalación de drenaje de gases	m	13 221.00	\$6.76	\$89 350.47	123.08	107																									
<b>5. Geosintéticos</b>									<b>\$4 903 722,90</b>																								
14	5.1	Suministro e instalación de GCL e=5 mm*	m <sup>2</sup>	177 566.00	\$8.20	\$1 455 488.08	320.00	37																									
15	5.2	Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm*	m <sup>2</sup>	177 563.00	\$5.92	\$1 050 619.85	320.00	37																									
16	5.3	Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm*	m <sup>2</sup>	177 561.00	\$3.74	\$664 945.53	320.00	37																									
17	5.4	Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m*	m <sup>3</sup>	48 430.00	\$17.62	\$853 409.63	400.00	12																									
18	5.5	Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm*	m <sup>2</sup>	177 447.00	\$2.15	\$381 419.66	320.00	37																									
19	5.6	Relleno con arena e=0.20 m*	m <sup>3</sup>	32 641.00	\$15.25	\$497 840.14	400.00	8																									
<b>6. Mitigación ambiental</b>									<b>\$130 033,51</b>																								
20	6.1	Arborización*	u	280.00	\$391.94	\$109 742.37	1.86	50																									
21	6.2	Monitoreo de ruido ambiental	u	2.00	\$15.91	\$31.82	8.00	0																									
22	6.3	Monitoreo de material particulado	u	2.00	\$75.27	\$150.55	2.00	1																									
23	6.4	Control de polvo (agua)	m <sup>3</sup>	247.49	\$3.67	\$908.78	20.00	12																									
24	6.5	Reubicación de flora nativa	u	200.00	\$96.00	\$19 200.00	2.67	75																									
<b>Costo total de la obra (C+D+CI)</b>									<b>\$7 889 385.25</b>																								

\*Estos rubros requieren de más de un frente de trabajo para poder alcanzar los plazos dispuestos en el cronograma, se detalla en los APUs.

## Capítulo 6

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

En el 2054, el cantón de Santa Elena presentará una producción de 358.368 kg de residuos sólidos urbanos, siendo considerablemente superior a Salinas y La Libertad, que generarán un aproximado de 185 506 y 180 824 kg de desechos respectivamente. Esta situación se atribuye principalmente al flujo turístico, que incrementa significativamente la producción de residuos debido al alto consumo de bienes y servicios, especialmente en temporadas de mayor afluencia. La llegada masiva de visitantes genera un aumento en la demanda de productos desechables, empaques plásticos y residuos orgánicos provenientes de la actividad hotelera y gastronómica.

Adicionalmente, la cultura de consumo en la población local ha evolucionado hacia un mayor uso de productos desechables y envases no retornables, lo que contribuye al aumento progresivo de la producción per cápita (ppc) de residuos. Este crecimiento en la generación de desechos refleja las tendencias globales del crecimiento urbano y cambios en los hábitos de consumo, impulsados por la disponibilidad de productos empaquetados.

La falta de una gestión eficiente de la recolección agrava aún más el problema, generando acumulaciones de basura en distintos puntos del cantón y provocando un impacto ambiental significativo. La saturación de los sistemas de disposición final, la deficiencia en la separación de residuos y la ausencia de programas efectivos de reciclaje contribuyen a la contaminación del suelo y cuerpos de agua cercanos. En este contexto, es fundamental implementar estrategias integrales de gestión de residuos sólidos que fomenten la reducción, reutilización y reciclaje, así como campañas de concienciación sobre hábitos de consumo más sostenibles.

Los ensayos de laboratorio determinaron que el suelo predominante en la zona es una arena arcillosa de plasticidad media, lo que influye directamente en su capacidad de soporte y

estabilidad. Con base en estos resultados, se estableció inicialmente una relación de taludes de 1V:1.5H, considerando las propiedades mecánicas del suelo y los factores de seguridad requeridos.

La implementación de un sistema de revestimiento en el relleno sanitario cumple con la normativa estadounidense vigente, garantizando una mayor protección ambiental al reducir significativamente el riesgo de filtración de lixiviados hacia el suelo natural. Este sistema actúa como una barrera impermeable que evita la contaminación del subsuelo y las fuentes de agua cercanas, asegurando el adecuado confinamiento de los residuos.

En particular, se destaca el uso del geosintético GCL (Geosynthetic Clay Liner) como capa de impermeabilización secundaria, el cual reemplaza los 60 cm de arcilla compactada tradicionalmente utilizados en estos sistemas. Su empleo no solo optimiza la eficiencia del revestimiento al proporcionar una baja permeabilidad, sino que también reduce costos y tiempos de instalación en comparación con la colocación de arcilla compactada.

Con el objetivo de garantizar una gestión sostenible de los residuos sólidos, se ha diseñado un relleno sanitario basado en el método de área. Este método, en comparación con el método de trinchera, permite una mayor flexibilidad en la adaptación a las condiciones del terreno y facilita la implementación de medidas de control ambiental. El plan de trabajo propuesto contempla una secuencia de operaciones que minimiza los riesgos de contaminación y garantiza la seguridad de los trabajadores.

La duración estimada del proyecto es de 24 meses, período en el cual se ejecutarán todas las actividades necesarias para iniciar la fase operativa del relleno sanitario. Como parte de este proceso, se ha desarrollado un plan de manejo ambiental con una inversión de \$130,033.51 USD, enfocado en la mitigación de los impactos ambientales generados durante la etapa de construcción.

Las medidas contempladas en este plan incluyen la revegetación de áreas intervenidas, el control de polvo para minimizar afectaciones a la calidad del aire, y el monitoreo continuo del ruido y del material particulado. Adicionalmente, se ha previsto un programa de arborización con especies de coníferas, con el objetivo de reducir la huella de carbono y mejorar la calidad ambiental del entorno.

Asimismo, se implementarán acciones para la conservación de la biodiversidad local, como la reubicación de especies nativas de flora, entre las cuales destacan el algodón, el palo santo y diversas variedades de cactus, garantizando su preservación y el mantenimiento del equilibrio ecológico en la zona.

## **6.2 Recomendaciones**

Se propone evaluar la tecnología de incineración de residuos sólidos patentada por el Biólogo Joffre Olmedo Luperta Navarrete como una solución a corto plazo. Este sistema, diseñado para minimizar las emisiones contaminantes, incluye un proceso de incineración controlado y un sistema de recolección y tratamiento de lixiviados. La viabilidad técnica y económica de esta solución debe ser analizada a profundidad, considerando las características de los residuos a tratar y los estándares ambientales locales.

Para complementar el diseño del relleno sanitario, se recomienda realizar un estudio detallado de los sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados y gases. Estos sistemas deben integrarse de manera óptima con el diseño general del relleno, considerando aspectos como la topografía del terreno, la permeabilidad del suelo y la capacidad de carga de las estructuras. La implementación de un modelo hidráulico puede ser de gran utilidad para simular el comportamiento de estos sistemas y evaluar su eficiencia.

Debido a restricciones presupuestarias, el estudio geotécnico se vio limitado en cuanto a la cantidad de calicatas y ensayos. Sin embargo, se recomienda realizar ensayos de humedad natural, compresión simple, SPT, peso unitario, consolidación y permeabilidad (método de

Lefranc). Los resultados obtenidos proporcionan una visión general de las características geotécnicas del terreno, pero se recomienda ampliar el estudio con un mayor número de calicatas para obtener una caracterización más detallada y confiable del perfil estratigráfico.

## Referencias

Allsopp, M., Costner, P., & Johnston, P. (2001). Incineration and human health: State of knowledge of the impacts of waste incinerators on human health (executive summary). *Environmental Science and Pollution Research*, 8(2), 141–145. <https://doi.org/10.1007/BF02987308/METRICS>

Bhada-Tata, P., & Hoornweg, D. A. (2012, March 1). WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management. *Grupo Banco Mundial*. <https://documentos.bancomundial.org/es/publication/documents-reports/documentdetail/302341468126264791/what-a-waste-a-global-review-of-solid-waste-management>

Chong, J., & Moreira, B. (2019). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA CON AFECTACIÓN DE LA POBLACIÓN FLOTANTE*.

Clemente, N. (2014). *DISEÑO DE UN PLAN DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA PARA LA CONCIENTIZACIÓN EN EL SERVICIO PÚBLICO DE RECOLECCIÓN DE BASURA Y MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS, EN LA PARROQUIA ANCONCITO*.

Cruz, I., Campuzano, J., & Camino, J. (2020). El impacto ambiental que ocasiona el basurero a cielo abierto en el recinto La Hernestina del cantón Montalvo. *Uniandes EPISTEME. Revista digital de Ciencia*, 7, 643–654. <https://revista.uniandes.edu.ec/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/2107/1495>

Farmer, A., & Hjerp, P. (2001). Municipal Solid Waste Incineration: Health Effects, Regulation and Public Communication. *Institute for European Environmental Policy. Publ. National Society for Clean Air and Environmental Protection*.

Ferrer, J. (2006). *Percepción del Estado de Salud sobre la Enfermedad Diarreica Aguda y los Botaderos de basura a cielo abierto en Soledad-Atlántico.*

Fonseca, S., & Nuñez, C. (2015). Revisión de literatura para determinar la relación entre manejo de basuras e impacto en la salud (2000-2015)h. *Salud Areandina*, 4. <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Nn/article/view/1579>

Franchini, M., Rial, M., Buiatti, E., & Bianchi, F. (2004). Health effects of exposure to waste incinerator emissions:a review of epidemiological studies. *Annali Dell'istituto Superiore Di Sanita*, 40(1), 101–115. <https://europepmc.org/article/med/15269458>

Giraldo, E. (2001). TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS: AVANCES RECIENTES. *Revista de Ingeniería*, 14, 44–55.

Jaramillo, J. (2002). *GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones.* <http://www.cepis.ops-oms.org>

Johnston, P., & Santillo, D. (2001). Municipal Solid Waste Incineration: Observations on the IEEP Report for the National Society For Clean Air. *Environmental Science and Pollution Research*.

Kumari, T., & Raghubanshi, A. S. (2023). Chapter 33 - Waste management practices in the developing nations: challenges and opportunities. In P. Singh, P. Verma, R. Singh, A. Ahamad, & A. C. S. Batalhão (Eds.), *Waste Management and Resource Recycling in the Developing World* (pp. 773–797). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90463-6.00017-8>

Mojiri, A., Zhou, J. L., Ratnaweera, H., Ohashi, A., Ozaki, N., Kindaichi, T., & Asakura, H. (2020). Treatment of landfill leachate with different techniques: an overview. *Water Reuse*, 11(1), 66–96. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.079>

Noguera, K., & Olivero, J. (2010). *LOS RELLENOS SANITARIOS EN LATINOAMÉRICA: CASO COLOMBIANO. 1.*

Rivera, J. (2011). *Geotecnia de rellenos sanitarios.*  
<https://doi.org/10.13140/2.1.4040.5121>

Rodríguez, Y. (2023). *DISEÑO DE UN PLAN DE ACCIÓN PARA MINIMIZAR LOS RIESGOS AMBIENTALES QUE OCASIONA EL BOTADERO MUNICIPAL DEL CANTÓN LA LIBERTAD. SANTA ELENA, 2022- 2023.*

Rushton, L. (2003). Health hazards and waste management. *British Medical Bulletin*, 68, 183–197. <https://doi.org/10.1093/BMB/LDG034>

Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2019). *Guía para formulación/actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Parroquial.*  
<https://www.planificacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2019/08/GUIA-PARROQUIAL-FINAL.pdf>.

Torri, S. (2017). ¿Qué es un relleno sanitario? *ResearchGate.*  
<https://www.researchgate.net/publication/319624681>

Ulica, J. (2005). LOS RELLENOS SANITARIOS. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 4, 2–17. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388001>

Vrijheid, M. (2000). Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environmental Health Perspectives*, 108 Suppl 1(Suppl 1), 101–112. <https://doi.org/10.1289/EHP.00108S1101>

Zacari, I. (2006). *Análisis y Evaluación de Maquinaria Pesada para Relleno Sanitario – Caso Relleno Sanitario Nuevo Jardín de Alpacoma.*  
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/7541>

Zhigui, C. (2016). *DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO DEL ÁREA URBANA DE LA PARROQUIA TARACOA, PROVINCIA DE ORELLANA.*

## **Planos y anexos**

**Tabla 6.1**

*Datos de cálculos de proyecciones y volúmenes de residuos sólidos*

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Dsm densidad de la basura compactada (kg/m<sup>3</sup>)</td> <td style="width: 10%;">500</td> <td style="width: 10%;">PPC Inicial</td> <td style="width: 10%;">0,9</td> <td style="width: 10%;">hrs</td> <td style="width: 10%;">5</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="14" style="text-align: center;">POBLACION</td> </tr> </table>														Dsm densidad de la basura compactada (kg/m <sup>3</sup> )	500	PPC Inicial	0,9	hrs	5									POBLACION													
Dsm densidad de la basura compactada (kg/m <sup>3</sup> )	500	PPC Inicial	0,9	hrs	5																																				
POBLACION																																									
Año	Santa Elena	Salinas	La Libertad	ppc	DSd residuos solidos producidos (kg/día)	volumen diario (m <sup>3</sup> /día)	volumen anual compactado (m <sup>3</sup> /año)	Volumen de residuos anual estabilizado(m <sup>3</sup> / año)	Volumen del material de cobertura (m <sup>3</sup> /año)	volumen relleno sanitario (m <sup>3</sup> /año)	volumen total ocupado durante vida util (m <sup>3</sup> /año)	Área por rellenar (m <sup>2</sup> )	Área total requerida (m <sup>2</sup> )																												
2024	195.054	91.188	116.097	0,900	362.104	724	264.336	220.280	52.867,21	317.203,28	317.203	63.441	88.817																												
2025	199.328	93.436	118.053	0,909	373.432	747	272.606	227.171	54.521	327.127	644.330	65.425	91.595																												
2026	203.666	95.723	120.029	0,918	385.063	770	281.096	234.246	56.219	337.315	981.645	67.463	94.448																												
2027	208.068	98.050	122.026	0,927	397.004	794	289.813	241.511	57.963	347.776	1.329.420	69.555	97.377																												
2028	212.536	100.417	124.044	0,937	409.265	819	298.764	248.970	59.753	358.516	1.687.937	71.703	100.385																												
2029	217.072	102.825	126.084	0,946	421.857	844	307.955	256.629	61.591	369.546	2.057.483	73.909	103.473																												
2030	221.677	105.277	128.146	0,955	434.787	870	317.395	264.495	63.479	380.873	2.438.356	76.175	106.645																												
2031	226.354	107.772	130.231	0,965	448.067	896	327.089	272.574	65.418	392.507	2.830.863	78.501	109.902																												
2032	231.103	110.313	132.339	0,975	461.707	923	337.046	280.872	67.409	404.456	3.235.319	80.891	113.248																												
2033	235.928	112.901	134.470	0,984	475.719	951	347.275	289.396	69.455	416.730	3.652.049	83.346	116.684																												
2034	240.829	115.537	136.625	0,994	490.112	980	357.782	298.151	71.556,34	429.338,02	4.081.387	85.868	120.215																												
2035	245.810	118.223	138.805	1,004	504.899	1.010	368.576	307.147	73.715	442.291	4.523.678	88.458	123.842																												
2036	250.871	120.959	141.009	1,014	520.091	1.040	379.667	316.389	75.933	455.600	4.979.278	91.120	127.568																												
2037	256.015	123.748	143.239	1,024	535.702	1.071	391.062	325.885	78.212	469.275	5.448.553	93.855	131.397																												
2038	261.244	126.591	145.494	1,035	551.742	1.103	402.772	335.643	80.554	483.326	5.931.879	96.665	135.331																												
2039	266.560	129.489	147.776	1,045	568.226	1.136	414.805	345.671	82.961	497.766	6.429.645	99.553	139.374																												
2040	271.965	132.444	150.084	1,055	585.167	1.170	427.172	355.977	85.434	512.606	6.942.251	102.521	143.530																												
2041	277.461	135.458	152.420	1,066	602.579	1.205	439.883	366.589	87.977	527.859	7.470.110	105.572	147.801																												
2042	283.052	138.532	154.783	1,077	620.477	1.241	452.949	377.457	90.590	543.538	8.013.648	108.708	152.191																												
2043	288.738	141.669	157.175	1,087	638.876	1.278	466.379	388.649	93.276	559.655	8.573.304	111.931	156.703																												
2044	294.524	144.869	159.595	1,098	657.791	1.316	480.187	400.156	96.037,45	576.224,67	9.149.528	115.245	161.343																												
2045	300.410	148.135	162.045	1,109	677.237	1.354	494.383	411.986	98.877	593.260	9.742.788	118.652	166.113																												
2046	306.400	151.469	164.524	1,120	697.232	1.394	508.980	424.150	101.796	610.775	10.353.563	122.155	171.017																												
2047	312.497	154.873	167.034	1,131	717.793	1.436	523.989	436.658	104.798	628.787	10.982.350	125.757	176.060																												
2048	318.702	158.348	169.575	1,143	738.937	1.478	539.424	449.520	107.885	647.309	11.629.659	129.462	181.247																												
2049	325.020	161.897	172.148	1,154	760.684	1.521	555.299	462.749	111.060	666.359	12.296.018	133.272	186.580																												
2050	331.452	165.522	174.753	1,166	783.051	1.566	571.627	476.356	114.325	685.953	12.981.971	137.191	192.067																												
2051	338.001	169.225	177.390	1,177	806.058	1.612	588.422	490.352	117.684	706.107	13.688.078	141.221	197.710																												
2052	344.671	173.008	180.061	1,189	829.725	1.659	605.699	504.750	121.140	726.839	14.414.917	145.368	203.515																												
2053	351.465	176.873	182.766	1,201	854.073	1.708	623.474	519.561	124.695	748.168	15.163.085	149.634	209.487																												
2054	358.385	180.824	185.506	1,213	879.125	1.758	641.761	534.801	128.352,26	770.113,58	15.933.199	154.023	215.632																												

**Tabla 6.2***Volúmenes de zanjas calculados - Método de zanja*

Volumen de zanja	
t de vida útil (días)	75 60-90 DIAS
DSr Cantidad de residuos sólidos recolectados	791.212,58
Material de cobertura	0,2
Densidad de basura compactada	500
Vz (m3)	23.736
	23736 m3

**Tabla 6.3***Dimensiones de Zanja - Método de zanja*

Dimensiones de zanja	
ancho (m)	6
profundidad (m)	4

**Tabla 6.4***Cálculo de tiempo de maquinaria*

Tiempo de maquinaria	
R (rendimiento)m3/h	14
J (horas laborales)h/d	8
R x J	112
Texc (días)	212

**Tabla 6.5**

*Cálculo de numero de zanja y vida útil - Método de zanja*

<b>A</b>	A	
	# de zanjas	
	área total del terreno	19.793,58
	F	0,4
	Numero de Vida Util	11 2
<b>B</b>	B	
	# de zanjas	
	área total del terreno	24.386,03
	F	0,4
	Numero de Vida Util	11 2
<b>C</b>	C	
	# de zanjas	
	área total del terreno	28.973,20
	F	0,4
	Numero de Vida Util	11 2
<b>D</b>	D	
	# de zanjas	
	área total del terreno	33.561,06
	F	0,4
	Numero de Vida Util	11 2
<b>E</b>	E	
	# de zanjas	
	área total del terreno	38.148,91
	F	0,4
	Numero de Vida Util	11 2

**Tabla 6.6**

*Cálculo de áreas y volumen - Método de área*

	Vias	11142,21	m3				
L	b	B	A m2	Simpson	Am	AM	Talud
A	261,32	276,32	1344,10	789040	19076,36	24316,16	5239,80
B	324,17	339,17	1658,35		23664,41	29846,96	6182,55
C	387,02	402,02	1972,60		28252,46	35377,76	7125,30
D	449,87	464,87	2286,85		32840,51	40908,56	8068,05
E	512,72	527,72	2601,10		37428,56	46439,36	9010,80
LAGUNA	233,05	248,05	1202,75		10491,91	14887,96	4396,05
					151754,211	191776,761	40022,55

**Tabla 6.7**

*Cálculo de cantidades*

			Aterreno	247487,81								
	GCL (m)	GCL m2	HDPE (m)	HDPE m2	GEOTEX (m)	GEO m2	NT1600 (m)	NT1600 m2	DRENAJE	V.Drenaje	MATERIAL	V.Maternal
A	290,24	25540,83	290,25	25541,76	290,26	25542,52	290,09	25527,54	80,84	7113,86	54,48	4794,1168
B	353,98	31150,32	353,99	31151,45	354,00	31152,35	353,80	31134,11	98,59	8676,26	66,44	5846,72
C	417,70	36757,85	417,72	36759,19	417,73	36760,28	417,49	36738,72	116,34	10238,12	78,40	6899,2
D	466,22	41027,74	466,24	41029,23	466,26	41030,45	465,98	41006,39	129,86	11427,38	87,51	7700,968
E	545,18	47975,55	545,20	47977,30	545,21	47978,73	544,89	47950,59	151,85	13362,58	102,33	9005,216
LAGUNA	258,84	15530,30	258,85	15530,88	258,86	15531,36	258,70	15522,24	72,09	4325,66	48,59	2915,118
	SUMA	197982,59		197989,82		197995,68		197879,60		55143,86		37161,3388

LIXIVADOS	CANALES	LONGITUD	C.PRINCIPAL	L.Final		
A	4	256,92	500	3952,03		
		278,86				
B	4	309,72				
		353,6				
C	4	348,71				
		389,17				
D	4	349,44				
		408,22				
E	4	349,3				
		408,09				
	SUMA	3452,03				

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 1 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Rubro	1.1	Unidad	Ha	Rendimiento 1	8.00 h/Ha
Descripción	Desbroce, desbosque y limpieza a máquina (incluye desalojo)			Rendimiento 2	0.13 Ha/h
				Rendimiento 3	1.00 Ha/día

**EQUIPOS (EQ)**

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramientas menores 5% MO	1.00	\$6.62	\$6.62		\$6.62
Cargadora frontal	1.00	\$65.00	\$65.00	8.00	\$520.00
Retroexcavadora de 75 HP	1.00	\$35.00	\$35.00	8.00	\$280.00
Volqueta de 9 m3	1.00	\$30.00	\$30.00	8.00	\$240.00
				Subtotal EQ	\$1 046.62

**MANO DE OBRA (MO)**

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Engrasador o abastecedor	1.00	\$4.14	\$4.14	8.00	\$33.12
Peón	3.00	\$4.14	\$12.42	8.00	\$99.36
				Subtotal MO	\$132.48

**MATERIALES (MT)**

Descripción	Cantidad A	Unidad	Precio unitario B	Costo A*B
				Subtotal MT

**TRANSPORTE (TP)**

Descripción	Cantidad A	Unidad	Precio unitario B	Costo A*B
				Subtotal TP

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$1 179.10  
**Indirectos (20%)** \$235.82  
**Subtotal (sin IVA)** \$1 414.92

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 2 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	1.2	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	0.016 h/m2
<b>Descripción</b>	Preparación del sitio, replanteo y nivelación de la obra*			<b>Rendimiento 2</b>	62.50 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	500.00 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores (5% MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
Estación total topográfica	1.00	\$4.00	\$4.00	0.02	\$0.06
Nivel óptico	1.00	\$1.25	\$1.25	0.02	\$0.02
				Subtotal EQ	\$0.09

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Topógrafo	1.00	\$4.65	\$4.65	0.02	\$0.07
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.02	\$0.07
Cadenero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.02	\$0.07
				Subtotal MO	\$0.22

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal MT

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal TP

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$0.31  
**Indirectos (%)** \$0.06  
**Subtotal (sin IVA)** \$0.37

\*Este rubro requerirá de 10 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 3 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	1.3	<b>Unidad</b>	m	<b>Rendimiento 1</b>	0.15 h/m
<b>Descripción</b>	Cerramiento de malla galvanizada H=2.7 m (incluye malla galvanizada tipo rombo, tubo galvanizado de 2 1/2" y alambre de púas)			<b>Rendimiento 2</b>	6.67 m/h
				<b>Rendimiento 3</b>	53.33 m/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% MO	1.00	\$0.10	\$0.10		\$0.10
Soldadora	1.00	\$1.98	\$1.98	0.15	\$13.20
Subtotal EQ					\$13.30

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Soldador	1.00	\$4.65	\$4.65	0.15	\$0.70
Fierrero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.15	\$0.63
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.15	\$0.62
Subtotal MO					\$1.95

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Malla de galvanizada tipo rombo	2.83	m2	\$3.57	\$10.10
Tubo galvanizado 2" x 2mm para cerramiento	6.75	m	\$6.00	\$40.50
Perfiles de acero	3.50	kg	\$1.35	\$4.73
Alambre de púas rollo 200 m	0.01	rollo	\$21.22	\$0.21
Electrodo 6011	0.44	kg	\$2.36	\$1.04
Anticorrosivo cromato 5	0.10	galón	\$18.50	\$1.85
Subtotal MT				\$58.43

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de malla galvanizada tipo rombo	\$1.05	m2	\$0.12	\$0.13
Transporte de tubería galvanizada 2"x 2 mm	\$2.50	m	\$0.12	\$0.30
Subtotal TP				\$0.43

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$74.10
<b>Indirectos (20%)</b>	\$14.82
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$88.92

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 4 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	1.4	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	3.30 h/m2
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de portón metálico con planchas			<b>Rendimiento 2</b>	0.30 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	2.42 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% MO	1.00	\$2.22	\$2.22		\$2.22
Cortadora manual eléctrica 710 Watt (amoladora)	1.00	\$2.50	\$2.50	3.30	\$8.25
Pulidora manual eléctrica (grata)	1.00	\$2.50	\$2.50	3.30	\$8.25
Soldadora	1.00	\$3.75	\$3.75	3.30	\$12.38
				Subtotal EQ	\$31.09

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	3.30	\$15.35
Soldador	1.00	\$4.65	\$4.65	3.30	\$15.35
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	3.30	\$13.66
				Subtotal MO	\$44.35

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Perfiles de acero	28.48	kg	\$1.35	\$38.45
Anticorrosivo cromato 5	0.20	galón	\$18.50	\$3.70
Electrodo 6011	2.00	lb	\$2.36	\$4.72
Candado 40 mm	1.00	u	\$18.00	\$18.00
			Subtotal MT	\$64.87

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
			Subtotal TP	

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$140.31
<b>Indirectos (20%)</b>	\$28.06
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$168.38

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 5 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	2.1	<b>Unidad</b>	m3	<b>Rendimiento 1</b>	0.01 h/m3
<b>Descripción</b>	Excavación a máquina mayor a 3.50 m de profundidad*			<b>Rendimiento 2</b>	76.92 m3/h
				<b>Rendimiento 3</b>	615.38 m3/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1	\$0.01	\$0.01		\$0.01
Retroexcavadora 155 HP	1	\$45.00	\$45.00	0.01	\$0.59
				Subtotal EQ	\$0.59

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.01	\$0.06
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.01	\$0.05
				Subtotal MO	\$0.11

**MATERIALES**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal MT

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal TP

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$0.70

**Indirectos (%)** \$0.14

**Subtotal (sin IVA)** \$0.84

\*Este rubro requerirá de 15 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 6 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	2.2	<b>Unidad</b>	m3	<b>Rendimiento 1</b>	0.013 h/m3
<b>Descripción</b>	Desalojo de material en sitio (incluye esponjamiento)*			<b>Rendimiento 2</b>	76.92 m3/h
				<b>Rendimiento 3</b>	615.38 m3/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.00	\$0.00		\$0.00
Retroexcavadora de 75 HP	1.00	\$28.00	\$28.00	0.01	\$0.36
Volqueta de 9 m3	1.00	\$28.00	\$28.00	0.01	\$0.36
				Subtotal EQ	\$0.73

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.01	\$0.05
				Subtotal MO	\$0.05

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal MT

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal TP

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$0.78

**Indirectos (%)** \$0.16

**Subtotal (sin IVA)** \$0.94

\*Este rubro requerirá de 18 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 7 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	2.3	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	0.05 h/m2
<b>Descripción</b>	Reconformación y perfilada de taludes*			<b>Rendimiento 2</b>	20.00 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	160.00 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.02	\$0.02		\$0.02
Excavadora de 155 HP	1.00	\$45.00	\$45.00	0.05	\$2.25
				Subtotal EQ	\$2.27

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.05	\$0.23
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.05	\$0.21
				Subtotal MO	\$0.44

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal MT

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal TP

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$2.71
<b>Indirectos (%)</b>	\$0.54
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$3.25

\*Este rubro requerirá de 4 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 8 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	2.4	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	0.0135 h/m2
<b>Descripción</b>	Reconformación y nivelación con motoniveladora de terreno natural*			<b>Rendimiento 2</b>	74.07 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	592.59 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
Motoniveladora de 140 HP	1.00	\$54.00	\$54.00	0.01	\$0.73
				Subtotal EQ	\$0.73

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.01	\$0.06
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.01	\$0.06
				Subtotal MO	\$0.12

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Combustible	0.20	galón	\$2.50	\$0.50
			Subtotal MT	\$0.50

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de combustible	0.20	galón	\$0.03	\$0.01
			Subtotal TP	\$0.01

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$1.36
<b>Indirectos (%)</b>	\$0.27
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$1.63

\*Este rubro requerirá de 8 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 9 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	3.1	<b>Unidad</b>	m3	<b>Rendimiento 1</b>	0.04 h/m3
<b>Descripción</b>	Relleno compactado a máquina con material cascajo importado e=30 cm (incluye transporte)			<b>Rendimiento 2</b>	25.00 m3/h
				<b>Rendimiento 3</b>	200.00 m3/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.04	\$0.04		\$0.04
Compactador mediano manual a gasolina	1.00	\$4.43	\$4.43	0.04	\$0.18
Cargadora de 95 HP	1.00	\$25.00	\$25.00	0.04	\$1.00
				Subtotal EQ	\$1.22

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.04	\$0.19
Peón	4.00	\$4.14	\$16.56	0.04	\$0.66
				Subtotal MO	\$0.85

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Combustible	0.20	galón	\$2.50	\$0.50	
Cascajo	1.20	m3	\$5.29	\$6.35	
Agua	0.02	m3	\$3.00	\$0.06	
Pruebas de laboratorio	1.00	u	\$0.85	\$0.85	
				Subtotal MT	\$7.76

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Transporte de combustible	0.20	galón	\$0.03	\$0.01	
Transporte de cascajo distancia 50 km	1.20	m3	\$3.33	\$4.00	
				Subtotal TP	\$4.00

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$13.83  
**Indirectos (20%)** \$2.77  
**Subtotal (sin IVA)** \$16.59

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 10 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	4.1	<b>Unidad</b>	m	<b>Rendimiento 1</b>	0.06 h/m
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de drenaje pluvial			<b>Rendimiento 2</b>	16.67 m/h
				<b>Rendimiento 3</b>	133.33 m/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.06	\$0.06		\$0.06
				Subtotal EQ	\$0.06

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Tubero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.06	\$0.25
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.06	\$0.28
Plomero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.06	\$0.25
Peón	2.00	\$4.14	\$8.28	0.06	\$0.50
				Subtotal MO	\$1.28

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Tubería lisa PVC de Ø4"	1.00	m	\$3.57	\$3.57	
				Subtotal MT	\$3.57

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Transporte de tubería lisa PVC Ø4"	1.00	m	0.89	\$0.89	
				Subtotal TP	\$0.89

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$5.80

**Indirectos (%)** \$1.16

**Subtotal (sin IVA)** \$6.96

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 11 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	4.2	<b>Unidad</b>	m	<b>Rendimiento 1</b>	1.42 h/m
<b>Descripción</b>	Cuneta de evacuación pluvial de 0.40 x 0.20 m f'c=280			<b>Rendimiento 2</b>	0.70 m/h
	kg/cm2*			<b>Rendimiento 3</b>	5.63 m/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$1.22	\$1.22		\$1.22
Vibrador de manguera a gasolina de 5.5 HP	1.00	\$3.75	\$3.75	1.42	\$5.33
Concretera de 1 saco	1.00	\$5.63	\$5.63	1.42	\$7.99
				<b>Subtotal EQ</b>	<b>\$14.54</b>

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Carpintero	1.00	\$4.19	\$4.19	1.42	\$5.95
Albañil	1.00	\$4.19	\$4.19	1.42	\$5.95
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	1.42	\$6.60
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	1.42	\$5.88
				<b>Subtotal MO</b>	<b>\$24.38</b>

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Agua	0.03	m3	\$3.00	\$0.09	
Arena	0.07	m3	\$12.29	\$0.86	
Cemento tipo I	1.44	saco	\$7.15	\$10.30	
Clavos de 1 a 2 1/2"	1.18	kg	\$1.90	\$2.24	
Combustible	0.50	galón	\$2.50	\$1.25	
Cuartón de encofrado	1.50	u	\$2.50	\$3.75	
Piedra triturada No. 4	0.11	m3	\$16.60	\$1.89	
Tira de encofrado	1.35	u	\$1.70	\$2.30	
Tabla de encofrado de 1" x 4 m	1	u	\$3.50	\$3.50	
				<b>Subtotal MT</b>	<b>\$26.18</b>

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Transporte de agua	0.04	m3	0.06	\$0.00	
Transporte de arena	0.07	m4	0.22	\$0.02	
Transporte de cemento	1.40	saco	0.13	\$0.18	
Transporte de clavos	1.18	kg	0.03	\$0.04	
Transporte de tira de encofrado	0.9	u	0.02	\$0.02	
				<b>Subtotal TP</b>	<b>\$0.25</b>

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	<b>\$65.35</b>
<b>Indirectos (%)</b>	<b>\$13.07</b>
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	<b>\$78.42</b>

\*Este rubro requerirá de 15 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 12 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	4.3	<b>Unidad</b>	m	<b>Rendimiento 1</b>	0.07 h/m
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de drenaje de lixiviados			<b>Rendimiento 2</b>	15.38 m/h
				<b>Rendimiento 3</b>	123.08 m/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.05	\$0.05		\$0.05
				Subtotal EQ	\$0.05

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Tubero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.07	\$0.27
Maestro mayor	0.50	\$4.65	\$2.33	0.07	\$0.15
Plomero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.07	\$0.27
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.07	\$0.27
				Subtotal MO	\$0.96

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Tubería PVC perforada para subdren de Ø4"	1.00	m	\$17.53	\$17.53	
Arena	0.07	m3	\$12.29	\$0.86	
				Subtotal MT	\$18.39

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Transporte de tubería perforada Ø4"	1.00	m	0.89	\$0.89	
Transporte de arena	0.07	m4	0.22	\$0.02	
				Subtotal TP	\$0.91

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$20.31
<b>Indirectos (%)</b>	\$4.06
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$24.37

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 13 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	4.4	<b>Unidad</b>	m	<b>Rendimiento 1</b>	0.07 h/m
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de drenaje de gases			<b>Rendimiento 2</b>	15.38 m/h
				<b>Rendimiento 3</b>	123.08 m/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.06	\$0.06		\$0.06
				Subtotal EQ	\$0.06

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Tubero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.07	\$0.27
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.07	\$0.30
Plomero	1.00	\$4.19	\$4.19	0.07	\$0.27
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.07	\$0.27
				Subtotal MO	\$1.12

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Tubería lisa PVC de Ø4"	1.00	m	\$3.57	\$3.57	
				Subtotal MT	\$3.57

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>	
Transporte de tubería lisa Ø4"	1.00	m	0.89	\$0.89	
				Subtotal TP	\$0.89

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$5.63

**Indirectos (%)** \$1.13

**Subtotal (sin IVA)** \$6.76

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 14 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	5.1	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	0.03 h/m2
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de GCL e=5 mm*			<b>Rendimiento 2</b>	40.00 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	320.00 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
				Subtotal EQ	\$0.01

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.03	\$0.12
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.03	\$0.10
				Subtotal MO	\$0.22

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Geosintético GCL e=5 mm	1.00	m2	\$6.10	\$6.10
			Subtotal MT	\$6.10

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de geosintético GCL	1.00	m2	0.5	\$0.50
			Subtotal TP	\$0.50

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$6.83
<b>Indirectos (%)</b>	\$1.37
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$8.20

\*Este rubro requerirá de 15 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 15 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Rubro	5.2	Unidad	m2	Rendimiento 1	0.03 h/m2
Descripción	Suministro e instalación de geomembrana HDPE e=1 mm*			Rendimiento 2	40.00 m2/h
				Rendimiento 3	320.00 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
				Subtotal EQ	\$0.01

**MANO DE OBRA (MO)**

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.03	\$0.12
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.03	\$0.10
				Subtotal MO	\$0.22

**MATERIALES (MT)**

Descripción	Cantidad A	Unidad	Precio unitario B	Costo A*B
Geomembrana HDPE e=1 mm	1.00	m2	\$3.97	\$3.97
			Subtotal MT	\$3.97

**TRANSPORTE (TP)**

Descripción	Cantidad A	Unidad	Precio unitario B	Costo A*B
Transporte de geomembrana HDPE	1.00	m2	0.73	\$0.73
			Subtotal TP	\$0.73

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$4.93

**Indirectos (%)** \$0.99

**Subtotal (sin IVA)** \$5.92

\*Este rubro requerirá de 15 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 16 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	5.3	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	0.03 h/m2
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de geotextil 500 gr e=3.8 mm*			<b>Rendimiento 2</b>	40.00 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	320.00 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
				Subtotal EQ	\$0.01

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.03	\$0.12
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.03	\$0.10
				Subtotal MO	\$0.22

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Geotextil 500 gr e=3.8 mm	1.00	m2	\$2.49	\$2.49
			Subtotal MT	\$2.49

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de geotextil 500 gr	1.00	m2	\$0.40	\$0.40
			Subtotal TP	\$0.40

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$3.12

**Indirectos (%)** \$0.62

**Subtotal (sin IVA)** \$3.74

\*Este rubro requerirá de 15 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 17 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	5.4	<b>Unidad</b>	m3	<b>Rendimiento 1</b>	0.02 h/m3
<b>Descripción</b>	Relleno con piedra de 1/2" - 3/4" para drenaje e=0.30 m*			<b>Rendimiento 2</b>	50.00 m3/h
				<b>Rendimiento 3</b>	400.00 m3/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
Cargadora de 95 HP/1.5 m3	0.15	\$31.00	\$4.56	0.02	\$0.09
				Subtotal EQ	\$0.01

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.02	\$0.09
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.02	\$0.08
				Subtotal MO	\$0.18

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Piedra de 1/2" - 3/4"	1.00	m3	\$14.23	\$14.23
Prueba de laboratorio para piedra	1.00	u	\$0.75	\$0.75
			Subtotal MT	\$14.23

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de piedra de 1/2" - 3/4"	1.00	m3	0.27	\$0.27
			Subtotal TP	\$0.27

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$14.68

**Indirectos (%)** \$2.94

**Subtotal (sin IVA)** \$17.62

\*Este rubro requerirá de 10 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 18 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	5.5	<b>Unidad</b>	m2	<b>Rendimiento 1</b>	0.03 h/m2
<b>Descripción</b>	Suministro e instalación de geotextil NT 1600 e=1.5 mm*			<b>Rendimiento 2</b>	40.00 m2/h
				<b>Rendimiento 3</b>	320.00 m2/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
				Subtotal EQ	\$0.01

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.03	\$0.12
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.03	\$0.10
				Subtotal MO	\$0.22

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Geotextil NT 1600	1.00	m	\$1.40	\$1.40
			Subtotal MT	\$1.40

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de geotextil NT 1600	1.07	m3	0.15	\$0.16
			Subtotal TP	\$0.16

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$1.79
<b>Indirectos (%)</b>	\$0.36
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$2.15

\*Este rubro requerirá de 15 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 19 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	5.6	<b>Unidad</b>	m3	<b>Rendimiento 1</b>	0.02 h/m3
<b>Descripción</b>	Relleno con arena e=0.20 m*			<b>Rendimiento 2</b>	50.00 m3/h
				<b>Rendimiento 3</b>	400.00 m3/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.01	\$0.01		\$0.01
				Subtotal EQ	\$0.01

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Maestro mayor	1.00	\$4.65	\$4.65	0.02	\$0.09
Peón	1.00	\$4.14	\$4.14	0.02	\$0.08
				Subtotal MO	\$0.18

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Arena	1.00	m3	\$12.29	\$12.29
			Subtotal MT	\$12.29

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de arena	1.07	m3	0.22	\$0.24
			Subtotal TP	\$0.24

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$12.71
<b>Indirectos (%)</b>	\$2.54
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$15.25

\*Este rubro requerirá de 10 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 20 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	6.1	<b>Unidad</b>	u	<b>Rendimiento 1</b>	4.30 h/u
<b>Descripción</b>	Arborización*			<b>Rendimiento 2</b>	0.23 u/h
				<b>Rendimiento 3</b>	1.86 u/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$1.78	\$1.78		\$1.78
				Subtotal EQ	\$1.78

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Peón	2.00	\$4.14	\$8.28	4.30	\$35.60
				Subtotal MO	\$35.60

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Tierra vegetal	0.01	m3	\$18.00	\$0.18
Abono	0.05	kg	\$1.00	\$0.05
Árbol de especie conífera	1.00	u	\$289.00	\$289.00
			Subtotal MT	\$289.23

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
			Subtotal TP	\$0.00

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$326.61  
**Indirectos (%)** \$65.32  
**Subtotal (sin IVA)** \$391.94

\*Este rubro requerirá de 3 frentes de trabajo para cumplir los plazos dispuestos en el cronograma.

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 21 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Rubro	6.2	Unidad	u	Rendimiento 1	1.00 h/u
Descripción	Monitoreo de ruido ambiental			Rendimiento 2	1.00 u/h
				Rendimiento 3	8.00 u/día

**EQUIPOS (EQ)**

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$0.22	\$0.22		\$0.22
				Subtotal EQ	\$0.22

**MANO DE OBRA (MO)**

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo hora C=A*B	Rendimiento R	Costo D=C*R
Técnico de obras civiles	1.00	\$4.33	\$4.33	1.00	\$4.33
				Subtotal MO	\$4.33

**MATERIALES (MT)**

Descripción	Cantidad A	Unidad	Precio unitario B	Costo A*B
Monitoreo de ruido ambiental	1.00	u	\$75.00	\$75.00
			Subtotal MT	\$75.00

**TRANSPORTE (TP)**

Descripción	Cantidad A	Unidad	Precio unitario B	Costo A*B
			Subtotal TP	\$0.00

**Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)** \$79.55  
**Indirectos (%)** \$15.91  
**Subtotal (sin IVA)** \$95.46

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 22 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	6.3	<b>Unidad</b>	u	<b>Rendimiento 1</b>	4.00 h/u
<b>Descripción</b>	Monitoreo de material particulado			<b>Rendimiento 2</b>	0.25 u/h
				<b>Rendimiento 3</b>	2.00 u/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Herramientas menores 5% (MO)	1.00	\$1.73	\$1.73		\$1.73
				Subtotal EQ	\$1.73

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
Técnico de obras civiles	2.00	\$4.33	\$8.66	4.00	\$34.64
				Subtotal MO	\$34.64

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Monitoreo de material particulado	1.00	u	\$340.00	\$340.00
			Subtotal MT	\$340.00

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
			Subtotal TP	\$0.00

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$376.37
<b>Indirectos (%)</b>	\$75.27
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$451.65

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 23 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	6.4	<b>Unidad</b>	m3	<b>Rendimiento 1</b>	0.4 h/m3
<b>Descripción</b>	Control de polvo (agua)			<b>Rendimiento 2</b>	2.50 m3/h
				<b>Rendimiento 3</b>	20.00 m3/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
				Subtotal EQ	\$0.00

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
				Subtotal MO	\$0.00

**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Agua para control de polvo	1.00	m3	\$3.00	\$3.00
			Subtotal MT	\$3.00

**TRANSPORTE (TP)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Transporte de agua para control de polvo	1.00	hora	0.06	\$0.06
			Subtotal TP	\$0.06

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$3.06
<b>Indirectos (%)</b>	\$0.61
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$3.67

**Obra: Diseño de un relleno sanitario para la gestión segura de residuos sólidos urbanos en la parroquia Anconcito cantón Salinas provincia Santa Elena**

Página 24 de 24

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

<b>Rubro</b>	6.5	<b>Unidad</b>	u	<b>Rendimiento 1</b>	3 h/u
<b>Descripción</b>	Reubicación de flora nativa			<b>Rendimiento 2</b>	0.33 u/h
				<b>Rendimiento 3</b>	2.67 u/día

**EQUIPOS (EQ)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
					Subtotal EQ \$0.00

**MANO DE OBRA (MO)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Tarifa B</b>	<b>Costo hora C=A*B</b>	<b>Rendimiento R</b>	<b>Costo D=C*R</b>
					Subtotal MO \$0.00

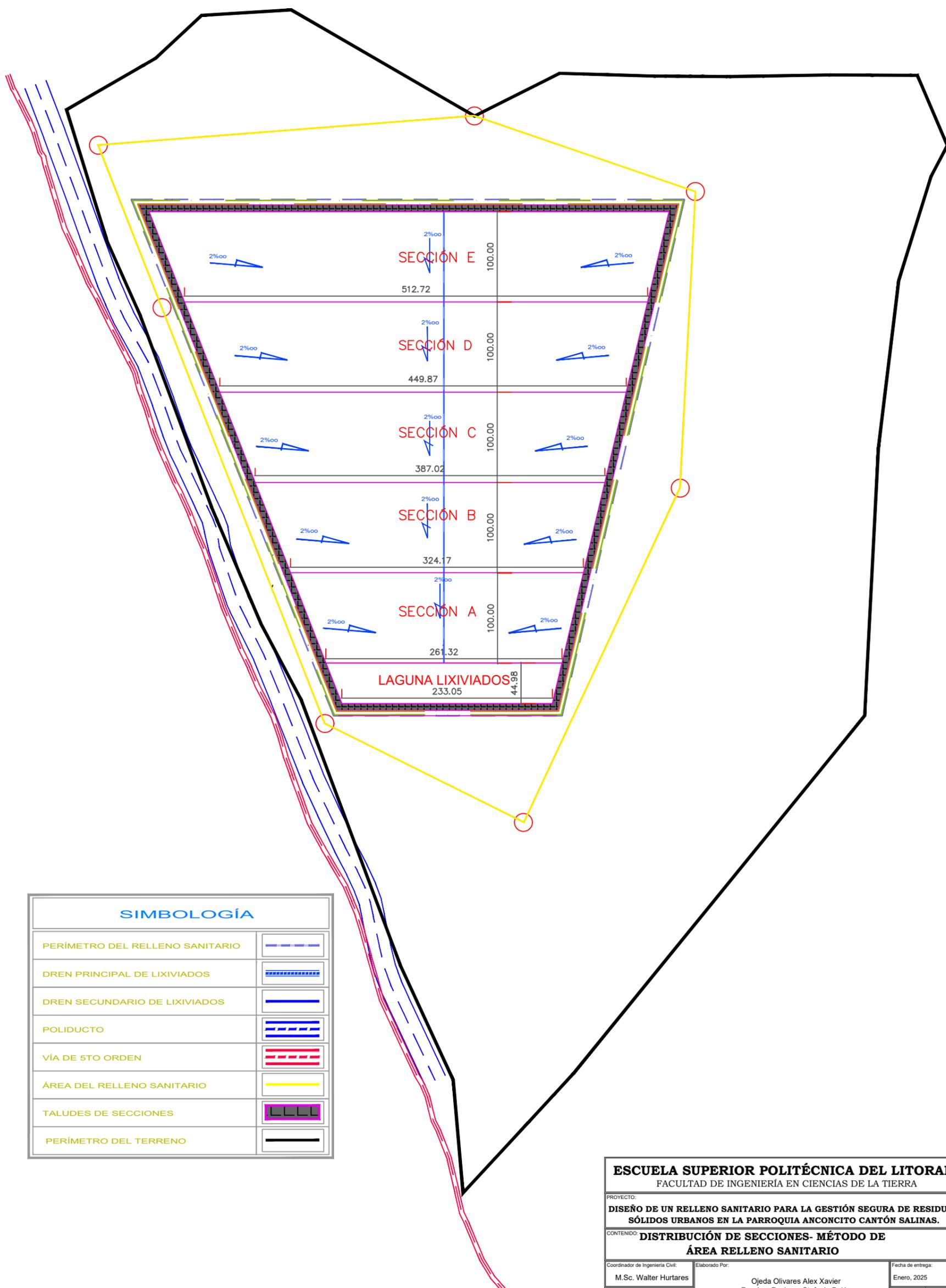
**MATERIALES (MT)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
Reubicación de flora (incluye poda, extracción, traslado, siembra, incorporación de tierra preparada, riego y fertilización)	1.00	u	\$80.00	\$80.00
				Subtotal MT \$80.00

**TRANSPORTE (TP)**

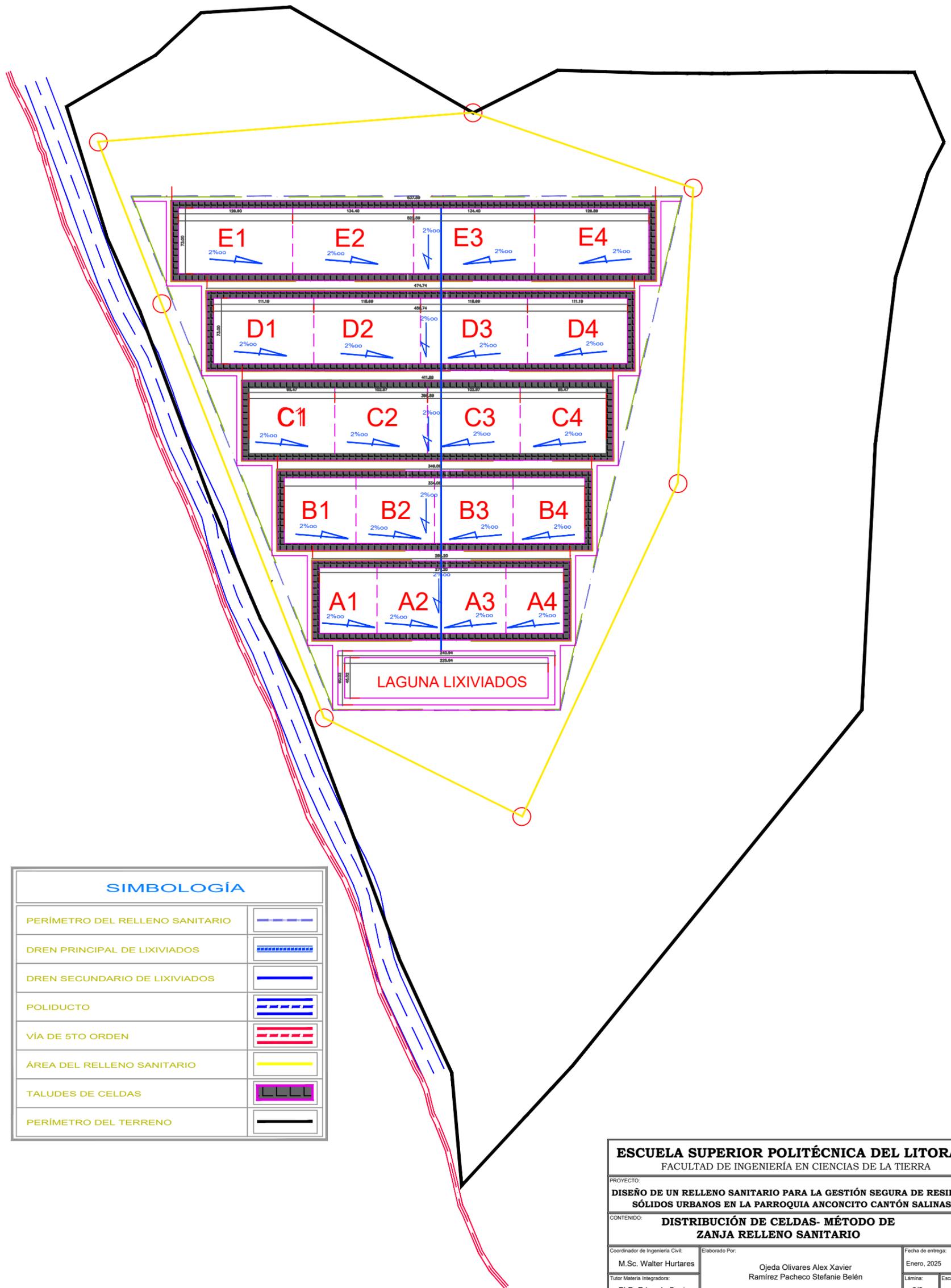
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad A</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario B</b>	<b>Costo A*B</b>
				Subtotal TP \$0.00

<b>Total costo directo (EQ+MO+MT+TP)</b>	\$80.00
<b>Indirectos (%)</b>	\$16.00
<b>Subtotal (sin IVA)</b>	\$96.00



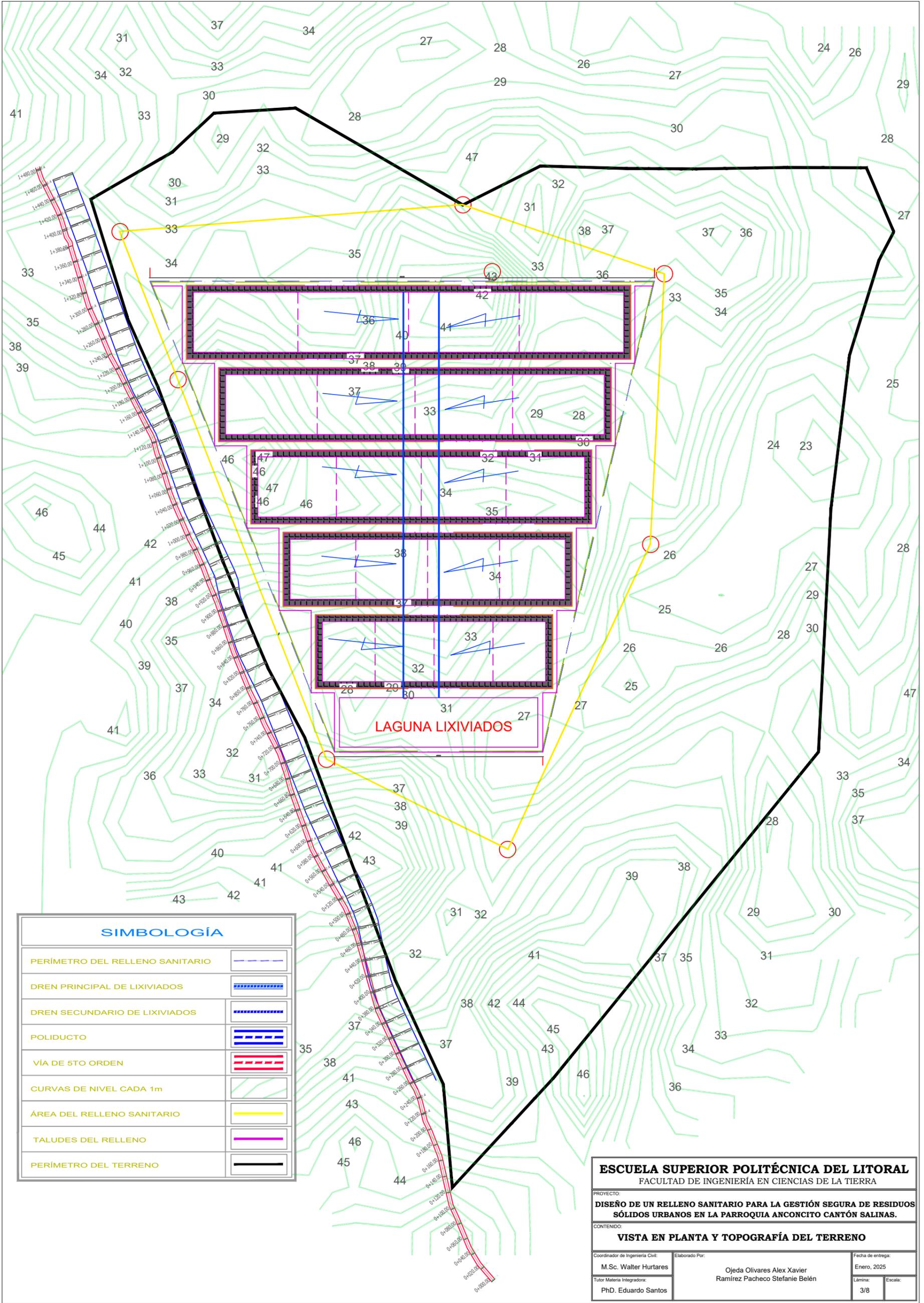
SIMBOLOGÍA	
PERÍMETRO DEL RELLENO SANITARIO	
DREN PRINCIPAL DE LIXIVIADOS	
DREN SECUNDARIO DE LIXIVIADOS	
POLIDUCTO	
VÍA DE 5TO ORDEN	
ÁREA DEL RELLENO SANITARIO	
TALUDES DE SECCIONES	
PERÍMETRO DEL TERRENO	

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO:			
<b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO:			
<b>DISTRIBUCIÓN DE SECCIONES- MÉTODO DE ÁREA RELLENO SANITARIO</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil:	Elaborado Por:	Fecha de entrega:	
M.Sc. Walter Hurtares	Ojeda Olivares Alex Xavier	Enero, 2025	
Tutor Materia Integradora:	Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Lámina:	Escala:
PhD. Eduardo Santos		1/8	



SIMBOLOGÍA	
PERÍMETRO DEL RELLENO SANITARIO	
DREN PRINCIPAL DE LIXIVIADOS	
DREN SECUNDARIO DE LIXIVIADOS	
POLIDUCTO	
VÍA DE 5TO ORDEN	
ÁREA DEL RELLENO SANITARIO	
TALUDES DE CELDAS	
PERÍMETRO DEL TERRENO	

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO:			
<b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO:			
<b>DISTRIBUCIÓN DE CELDAS- MÉTODO DE ZANJA RELLENO SANITARIO</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil:	Elaborado Por:	Fecha de entrega:	
M.Sc. Walter Hurtares	Ojeda Olivares Alex Xavier	Enero, 2025	
Tutor Materia Integradora:	Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Lámina:	Escala:
PhD. Eduardo Santos		2/8	



**SIMBOLOGÍA**

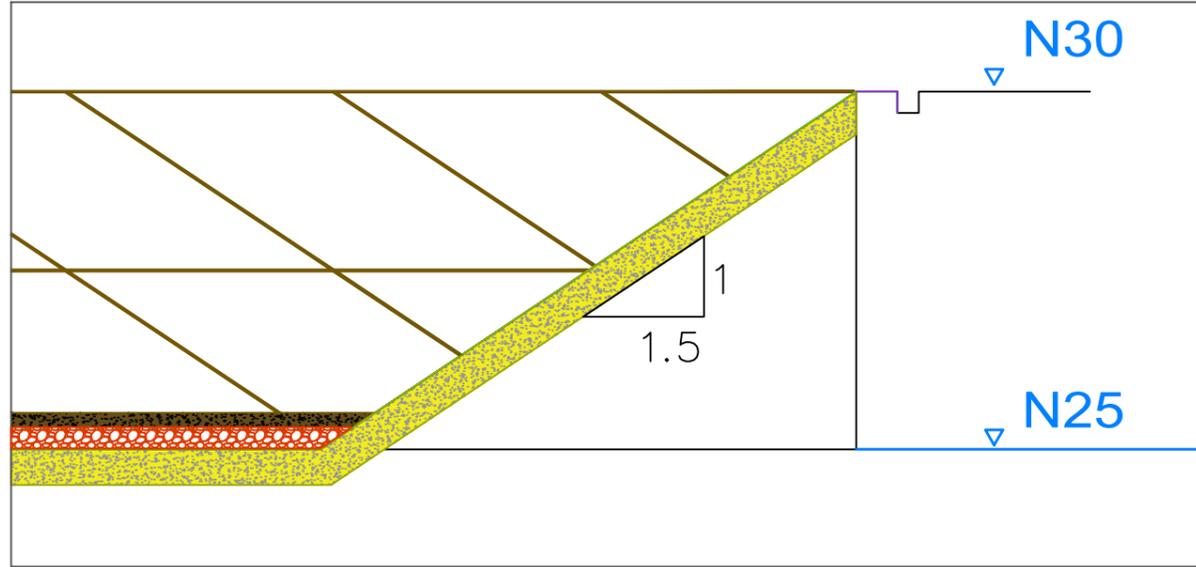
PERÍMETRO DEL RELLENO SANITARIO	
DREN PRINCIPAL DE LIXIVIADOS	
DREN SECUNDARIO DE LIXIVIADOS	
POLIDUCTO	
VÍA DE 5TO ORDEN	
CURVAS DE NIVEL CADA 1m	
ÁREA DEL RELLENO SANITARIO	
TALUDES DEL RELLENO	
PERÍMETRO DEL TERRENO	

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

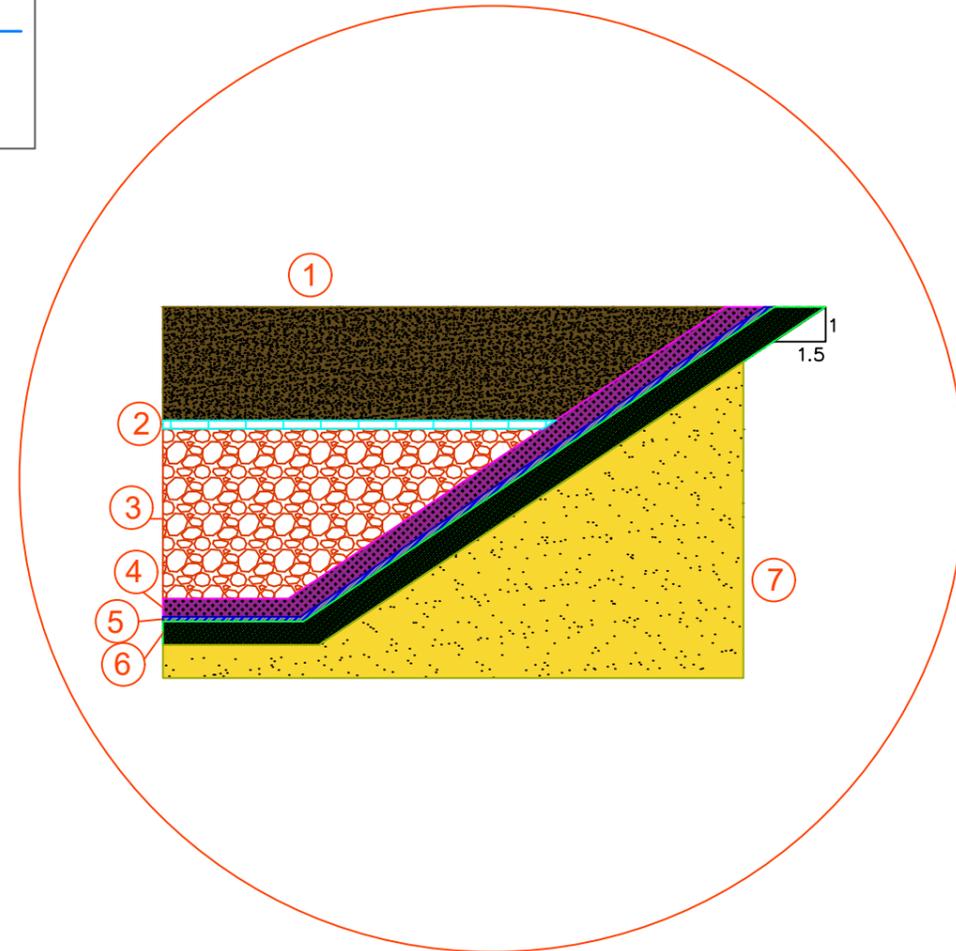
PROYECTO:  
**DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.**

CONTENIDO:  
**VISTA EN PLANTA Y TOPOGRAFÍA DEL TERRENO**

Coordinador de Ingeniería Civil: M.Sc. Walter Hurtares	Elaborado Por: Ojeda Olivares Alex Xavier Ramírez Pacheco Stefania Belén	Fecha de entrega: Enero, 2025
Tutor Materia Integradora: PhD. Eduardo Santos	Lámina: 3/8	Escala:

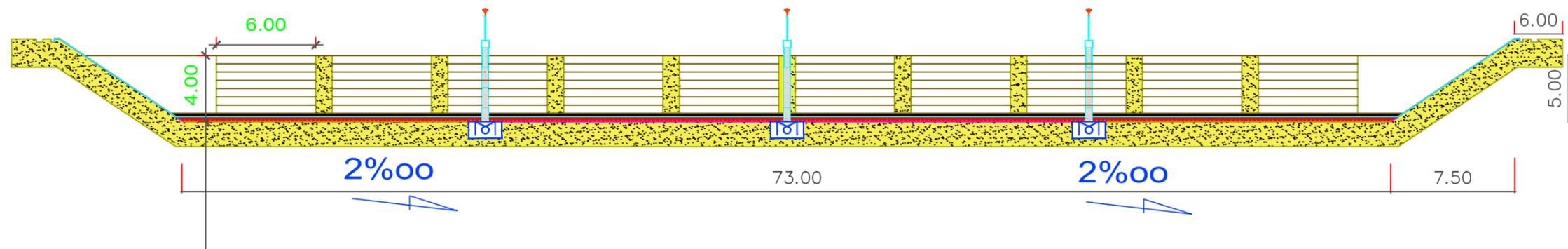


SIMBOLOGÍA	
① Material de sacrificio (Arena) e= 0.2m	
② Geotextil NT 1600 e= 1.5mm	
③ Drenaje e= 0.3m	
④ Geotextil 500gr e= 3.8mm	
⑤ Geomembrana HDPE e= 1.0mm	
⑥ GCL e= 5.0mm	
⑦ Terreno natural	



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO:			
<b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO:			
<b>DETALLAMIENTO DE FONDE DE CAPA BASE DEL RELLENO SANITARIO</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil:	Elaborado Por:	Fecha de entrega:	
M.Sc. Walter Hurtares	Ojeda Olivares Alex Xavier Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Enero, 2025	
Tutor Materia Integradora:		Lámina:	Escala:
PhD. Eduardo Santos		4/9	

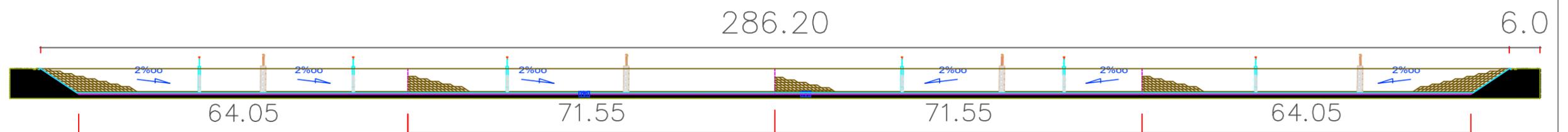
## Corte Longitudinal- Método de Zanja



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO:			
<b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO:			
<b>CORTE LONGITUDINAL - MÉTODO DE ZANJA O TRINCHERA</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil:	Elaborado Por:	Fecha de entrega:	
M.Sc. Walter Hurtares	Ojeda Olivares Alex Xavier Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Enero, 2024	
Tutor Materia Integradora:		Lámina:	Escala:
PhD. Eduardo Santos		5/8	

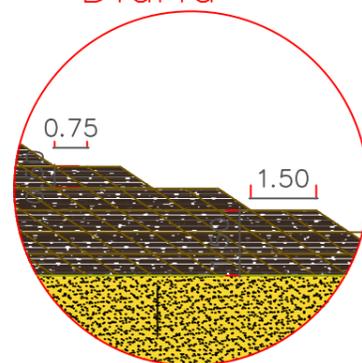
# CORTE TRANSVERSAL – Método de Área

## SECCIÓN A

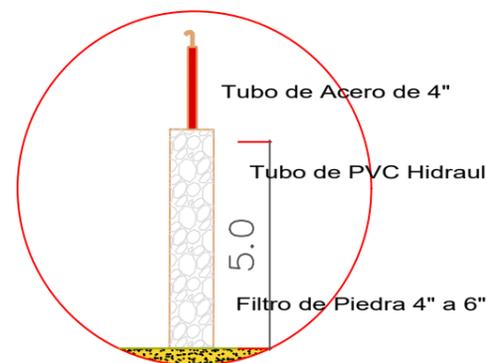


## DETALLES DE SECCIÓN

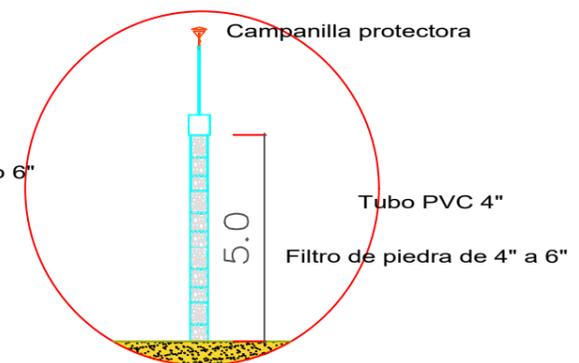
Celda Diaria



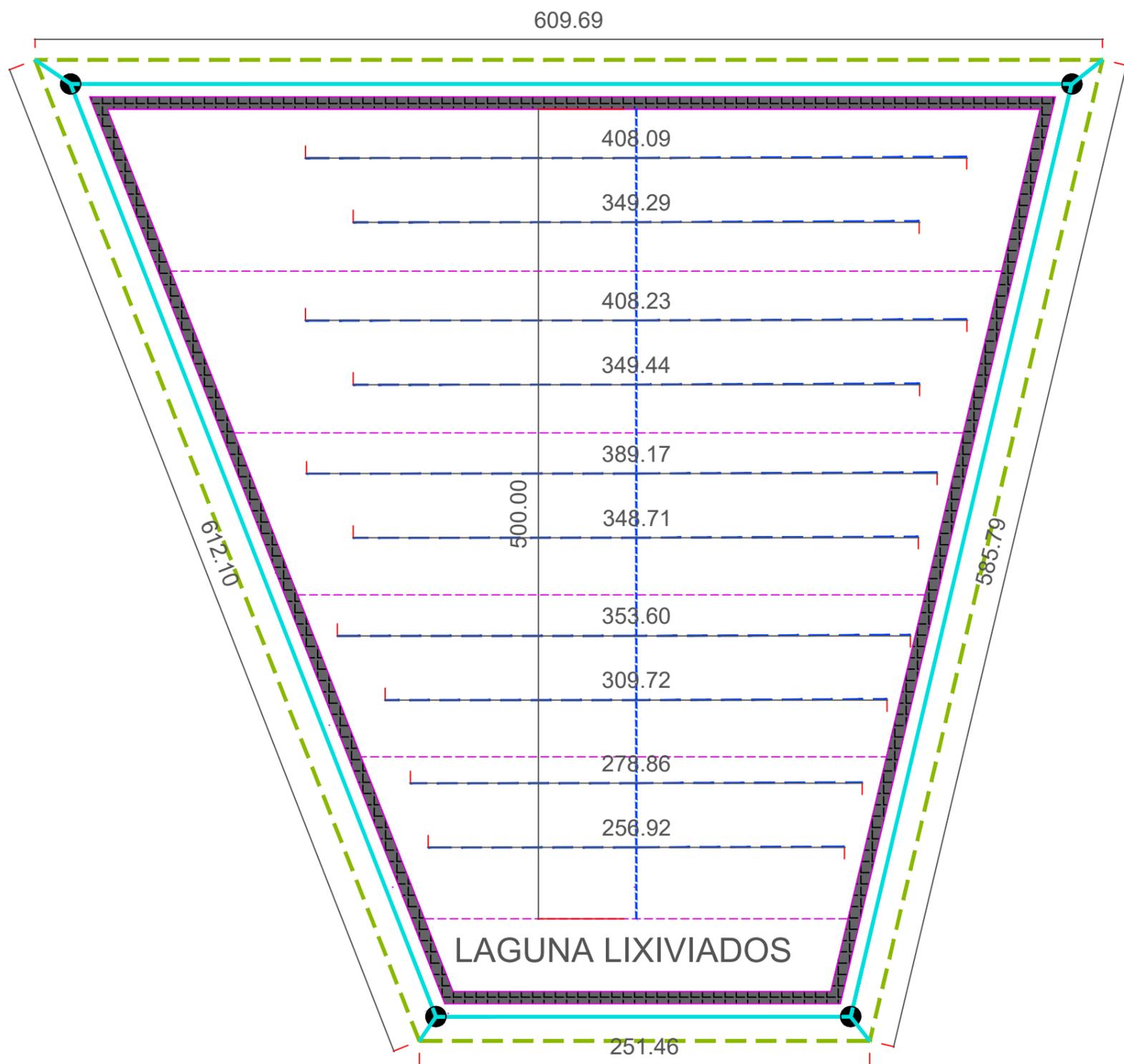
Ducto Recirculado



Chimenea

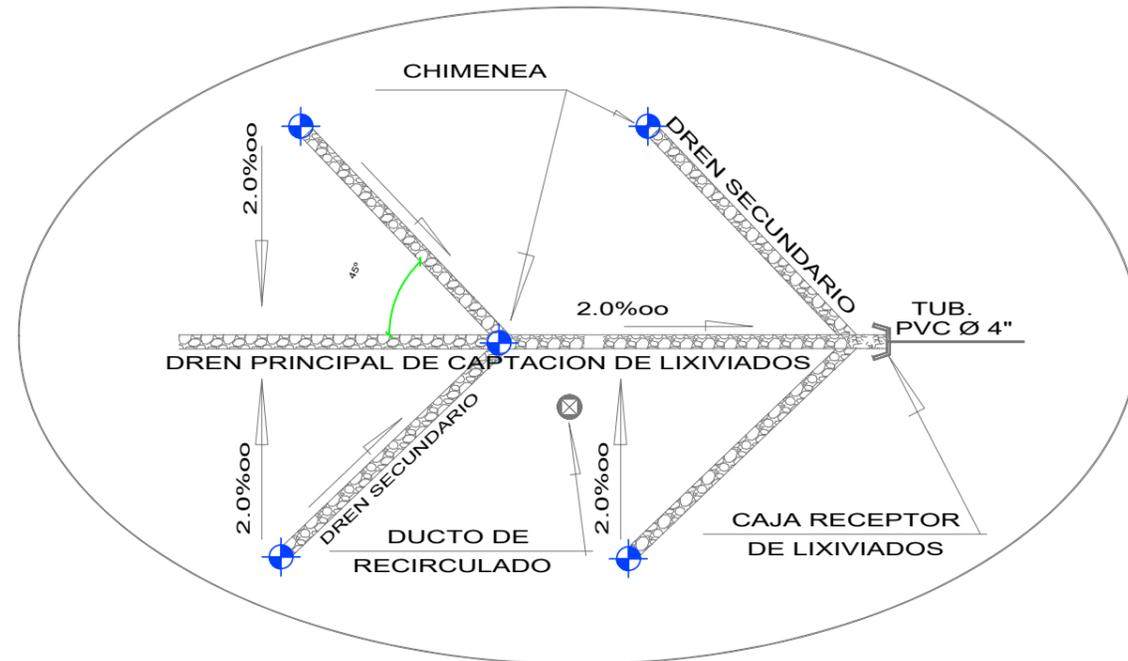
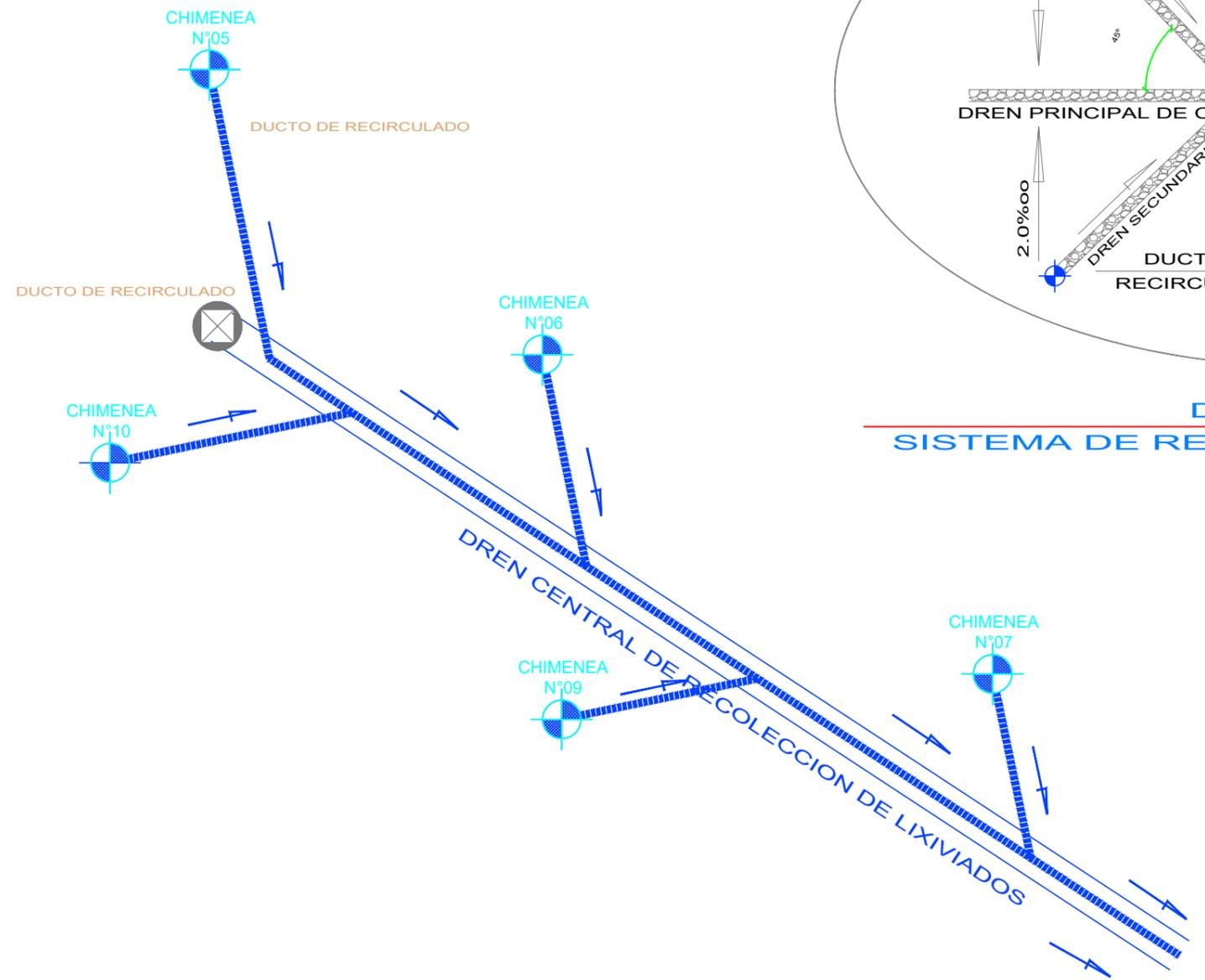


<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO: <b>CORTE TRANSVERSAL - MÉTODO DE AREA CON DETALLES</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil: M.Sc. Walter Hurtares	Elaborado Por: Ojeda Olivares Alex Xavier Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Fecha de entrega: Enero, 2024	
Tutor Materia Integradora: PhD. Eduardo Santos		Lámina: 6/8	Escala:



SIMBOLOGÍA	
CUNETA PLUVIAL	
TUBERÍA DE DRENAJE PLUVIAL	
DUCTO DE LIXIVIADOS	
DUCTO O SUMIDERO	

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO:			
<b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO:			
<b>VISTA DE PLANTA CUNETA, DRENAJE PLUVIAL Y SISTEMA DE LIXIVIADO</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil:	Elaborado Por:	Fecha de entrega:	
M.Sc. Walter Hurtares	Ojeda Olivares Alex Xavier Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Enero, 2025	
Tutor Materia Integradora:		Lámina:	Escala:
PhD. Eduardo Santos		7/8	xxx



**DETALLE 1** ESCALA = 1:500  
**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS**

SIMBOLOGÍA	
DESCRIPCION	REPRES.
CHIMENEA	
DUCTO DE RECIRCULADO	
DREN PRINCIPAL DE LIXIVIADOS	
DREN SECUNDARIO DE LIXIVIADOS	
SENTIDO DE FLUJO DE AGUA	

**CONDUCTO PRIMARIO Y SECUNDARIO DE LIXIVIADOS Y CHIMENEA**

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>			
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA GESTIÓN SEGURA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PARROQUIA ANCONCITO CANTÓN SALINAS.</b>			
CONTENIDO: <b>DETALLES DE SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS</b>			
Coordinador de Ingeniería Civil: M.Sc. Walter Hurtares	Elaborado Por: Ojeda Olivares Alex Xavier Ramírez Pacheco Stefanie Belén	Fecha de entrega: Enero, 2024	
Tutor Materia Integradora: PhD. Eduardo Santos		Lámina: 8/8	Escala: