

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**TECNOLOGÍA EN EL DISEÑO DEL RELLENO  
SANITARIO DE RESIDUOS SOLIDOS DEL CENTRO  
POBLADO NUEVA VISTA-ANTA-ACOBAMBA-  
HUANCAVELICA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BUSTAMANTE MALDONADO, JUAN EMERSON**

**Bach. LLANOS GALARZA, STEFANY LORENA**

**Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

## **CONTRATAPA**

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de nuestras metas trazadas en esta investigación.

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**MG. RANDO PORRAS OLARTE**  
**JURADO**

---

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**  
**JURADO**

---

**MG. CARLOS ENRIQUE PALOMINO DAVIRAN**  
**JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA .....	II
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I .....	15
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. Planteamiento del problema .....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	16
1.2.1. Problema general .....	16
1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.3. Justificación .....	17
1.3.1. Práctica .....	17
1.3.2. Teórica .....	17
1.3.3. Metodológica .....	17
1.4. Delimitaciones .....	17
1.4.1. Espacial .....	17
1.4.2. Temporal .....	20
1.4.3. Económica .....	20
1.5. Limitaciones .....	20
1.6. Objetivos .....	20
1.6.1. Objetivo general .....	20
1.6.2. Objetivos específicos .....	20
CAPITULO II .....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. Antecedentes .....	21
2.1.1. Internacionales .....	21
2.1.2. Nacionales .....	22

2.2. Marco conceptual .....	23
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	23
2.2.1.1 Residuos sólidos .....	23
2.2.1.2 Impacto Ambiental de los residuos sólidos .....	23
2.2.1.3 Caracterización de los residuos sólidos .....	24
2.2.1.4 Residuos sólidos urbanos.....	25
2.2.1.5 Alternativa de reciclaje de los residuos sólidos .....	30
2.2.1.6 Relleno Sanitario .....	32
2.3. Marco normativo.....	57
2.4. Definición de términos .....	58
2.5. Hipótesis .....	59
2.5.1. Hipótesis general.....	59
2.5.2. Hipótesis específicos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.6. Variables .....	60
2.6.1. Definición conceptual de la variable .....	60
2.6.2. Definición operacional de la variable .....	60
2.6.3. Operacionalización de la Variable .....	61
CAPÍTULO III.....	62
METODOLOGÍA.....	62
3.1. Método de investigación .....	62
3.2. Tipo de Investigación.....	62
3.3. Nivel de investigación.....	63
3.4. Diseño de investigación.....	63
3.5. Población y muestra .....	63
3.5.1. Población .....	63
3.5.2. Muestra .....	63
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	64
3.7. Procesamiento de la información.....	64
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	65
CAPÍTULO IV .....	66
RESULTADOS .....	66
4.1. Presentación de resultados específicos.....	66
CAPÍTULO V .....	94

DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	94
5.1. Discusión de resultados específicos .....	94
CONCLUSIONES .....	98
RECOMENDACIONES .....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Síntesis de las principales ventajas y limitaciones del relleno sanitario.....	35
Tabla 2 – Variables de investigación.....	60
Tabla 3 – Operacionalización de las variables.....	61
Tabla 4 – Tipo de rellenos sanitarios por capacidad e infraestructura.....	66
Tabla 5 – Residuos sólidos domiciliarios.....	68
Tabla 6 – Parámetros de la población beneficiaria.....	69
Tabla 7 – Generación de residuos sólidos.....	69
Tabla 8 – Calculo de capacidad útil requerida.....	70
Tabla 9 – Taludes de corte.....	71
Tabla 10 – Taludes de relleno.....	72
Tabla 11 – Calculo de volumen de la trinchera.....	74
Tabla 12 – Estructura de impermeabilización de la base.....	74
Tabla 13 – Calculo del volumen lixiviado.....	78
Tabla 14 – Sección de drenes.....	80
Tabla 15 – Sección de drenes.....	80
Tabla 16 – Hoja de resumen de metrados.....	82
Tabla 17 – Costo unitario por partida.....	87
Tabla 18 – Presupuesto del relleno sanitario.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.....	18
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación. ....	18
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación. ....	19
Figura 4- Localización de la zona de intervención de la investigación.....	19
Figura 5- Esquema de las fases de la biodegradación.....	28
Figura 6- Método de trinchera para construir un relleno sanitario.....	43
Figura 7- Método de área para construir un relleno sanitario. ....	44
Figura 8- Método de área para construir un relleno sanitario. ....	44
Figura 9- Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario.	45
Figura 10- Dimensiones de la trinchera.....	73
Figura 11- Composición de la impermeabilización. ....	75
Figura 12- Ubicación de trincheras. ....	76
Figura 13- Poza de lixiviados. ....	79
Figura 14- Drenes de manejo de gases. ....	81

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Cómo realizar la tecnología en el diseño del relleno sanitario, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta?, el objetivo general fue: Realizar el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta, y la hipótesis general fue: El diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología, será el adecuado para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo – explicativo y el diseño de investigación fue experimental. La población correspondió a las viviendas del C.P. Buena Vista, se tomó como muestra 112 viviendas.

La conclusión general fue: El relleno sanitario diseñado es de tipo manual debido a que la generación per cápita y la población con la que cuenta el C.P. de Buena Vista no sobrepasaran las 20 Tn/día de residuos a disposición a lo largo del tiempo de vida del relleno, con un método de tratamiento de trinchera o zanjas, como componentes se tiene el sistema de manejo de lixiviados, sistema de manejo de gases y las áreas administrativas y de servicios, su costo de construcción es viable económica técnicamente.

**Palabras claves:** Residuos sólidos, relleno sanitario.

## **ABSTRACT**

The general problem of the investigation was: How to design the solid waste landfill applying the appropriate technology, for the C.P. Buena Vista - District of Anta ?, the general objective was: Carry out the design of the solid waste landfill applying the appropriate technology, for the C.P. Buena Vista - District of Anta, and the general hypothesis was: The design of the solid waste sanitary landfill applying the appropriate technology will be adequate for the C.P. Buena Vista - Anta District.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was descriptive - explanatory and the research design was experimental. The population corresponded to the houses of C.P. Buena Vista, 112 homes were taken as a sample.

The general conclusion was: The sanitary landfill designed is of a manual type because the generation per capita and the population that the C.P. Buena Vista will not exceed 20 tons / day of waste available throughout the life of the landfill, with a trench or ditch treatment method, as components there is the leachate management system, gas management system and the administrative and service areas, its construction cost is technically economically viable.

**Keywords:** Solid waste, landfill.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “Tecnología en el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos del centro poblado Nueva Vista –Anta-Acobamba- Huancavelica”; investigación que establece como propósito fundamental: Realizar el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología apropiada, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta.

Un residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final.

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo - explicativo; como diseño de investigación experimental, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que no existen trabajos investigativos rigurosos en relación con el tema tratado, considerando que las recomendaciones buscaran mejorar el planteamiento de diseño de rellenos sanitarios de residuos sólidos, tomando para el caso de la investigación como referente el C.P. Buena Vista, Distrito de Anta, Provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica.

Con el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos, se tiene una propuesta manejo y tratamiento de residuos sólidos, para ello es importante desarrollar los criterios de diseño de ingeniería, realizar la configuración de los componentes del relleno sanitario, así como desarrollar su viabilidad como proyecto a nivel de ejecución mediante el cálculo del costo de construcción.

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño del relleno sanitario.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño del relleno sanitario, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

Bach. Bustamante Maldonado, Juan  
Emerson y Llanos Galarza Stefany  
Lorena

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Pineda, citado por López (2009) menciona que en el transcurrir del tiempo los seres humanos, al realizar sus actividades diarias de tipo doméstico, comercial, industrial, disponen una gran variedad de desechos que se consideran como inservibles, pero con grandes utilidades; estos tienen una denominación de: Residuos, los cuales se clasifican según su tipo, estado, origen manejo y composición.

Cada año, la tasa de crecimiento de residuos es alarmante, suscitando una problemática ambiental enfocada a la contaminación de agua, suelo, aire; esto se basa en que los residuos sólidos (RRSS) son arrojados a fuentes hídricas, terrenos no poblados, o simplemente en lugares inadecuados, generando la variación paisajística, ocasionando una alteración a los recursos naturales.

Cabe señalar que la mala disposición de los RRSS no solo afecta los recursos naturales, también daña la salud de las personas. Los principales males provocados por el incorrecto manejo de los RRSS son: “las enfermedades respiratorias agudas, seguido del parasitismo intestinal, las diarreas, el dengue y la malaria” (Escalona, 2014).

Según Fierro, Armijo de Vega, Buenrostro y Valdez (2010) los RRSS que se producen en los mercados ascienden al 23% de los residuos, su composición principalmente es: cebo de carne, frutas y verduras. Sin embargo, alrededor del 70% de los residuos sólidos que se producen en el área antes mencionada son materiales aptos para reaprovechar.

Robles, citado por Bernache (2012) “enfatisa que el biogás y los lixiviados son vectores de contaminación que se originan en sitios de disposición final inapropiados (vertederos o botaderos). Estos son las causas principales de la contaminación ambiental”.

La disposición final de los residuos sólidos que se vienen realizando en el C.P. de Buena Vista, las cuales por la falta de recursos, el limitado conocimiento de la población en programas de sensibilización de manejo de RRSS, se descargan inapropiadamente ocasionando puntos críticos y la disposición final de los residuos sólidos municipales en una zona aledaña al área urbana, dando origen a un botadero a cielo abierto, lo que origina conflictos sociales, así como también problemas de salud pública, que surgen en los mismos botaderos, los que además causan malos olores y problemas de deterioro paisajístico, son hábitat de zancudos, moscas, ratas y otros vectores de enfermedades y fuentes de contaminación de aire, suelo y de fuentes de agua superficiales y subterráneas..

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo realizar el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología apropiada, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Cómo determinar los criterios de diseño del relleno sanitario de residuos sólidos, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta?

b) ¿Cómo realizar la configuración de los componentes del relleno sanitario de residuos sólidos, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta?

c) ¿Cómo determinar el costo de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Práctica**

Motivado por la perspectiva profesional, así como considerando la gravedad del problema mencionado y en el sentido de contribuir a su solución en beneficio del C.P. de Buena Vista y su ambiente, se plantea desarrollar el proyecto de investigación, puesto que, es una herramienta fundamental en la disposición final de los residuos sólidos

#### **1.3.2. Teórica**

Los resultados obtenidos de la investigación brindaran información a las autoridades del C.P. de Buena vista en la toma adecuada de decisiones en la gestión y manejo de los RRSS, mejorando la calidad de vida de la población del C.P.

#### **1.3.3. Metodológica**

Esta investigación se basará en la diagnostico, recolección, diseño y construcción del relleno sanitario, con ello se pretende primero disminuir la contaminación ambiental generada por los residuos sólidos con el diseño del relleno sanitario; segundo, generar una cultura de concientización y cuidado del medio ambiente como un planteamiento propio de la carrera de ingeniería civil.

### **1.4. Delimitaciones**

#### **1.4.1. Espacial**

La investigación se realizó en C.P. Buena Vista, del Distrito de Anta – Acobamba - Huancavelica.

**Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.**



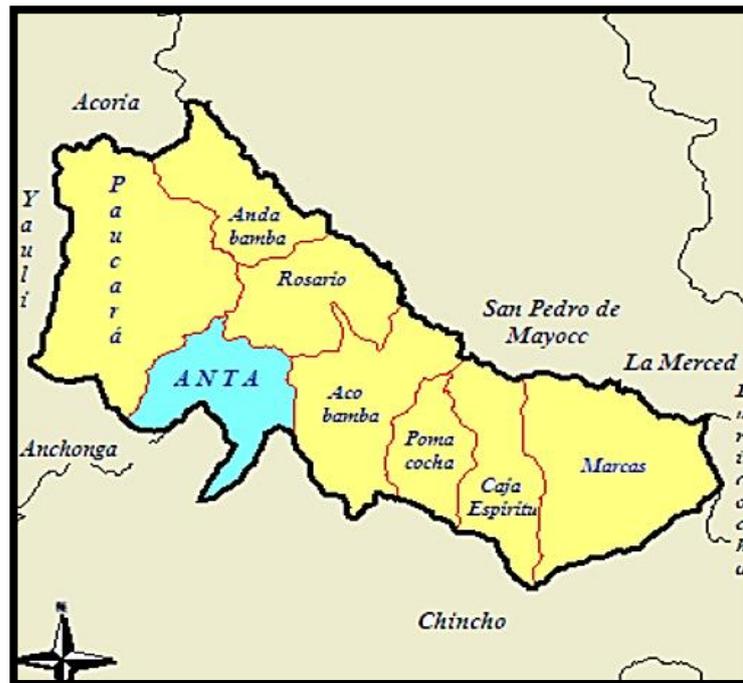
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

**Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.**



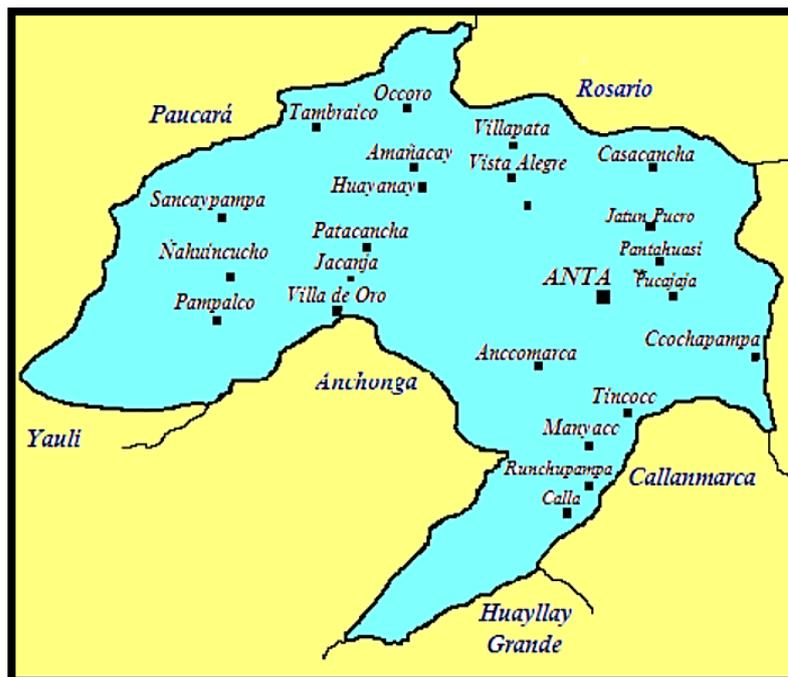
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 4- Localización de la zona de intervención de la investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

#### **1.4.2. Temporal**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 06 meses, iniciando en noviembre del 2020 hasta abril del Año 2021.

#### **1.4.3. Económica**

Los gastos financieros incurridos en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno.

El gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

### **1.5. Limitaciones**

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “Mejoramiento de la gestión de residuos sólidos en el C.P. de Buena Vista Patacancha del distrito de Anta - provincia de Acobamba - departamento de Huancavelica”.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Realizar el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología apropiada, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Determinar los criterios de diseño del relleno sanitario de residuos sólidos, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta.

b) Realizar la configuración de los componentes del relleno sanitario de residuos sólidos, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta.

c) Determinar el costo de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

**Díaz & Vallejo (2017)** realizaron el estudio titulado **“Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el Municipio de Aguachica – Cesar”**, con el objetivo de proponer el diseño de un relleno sanitario para el municipio de Aguachica – Cesar, con un análisis cuantitativo de producción de gases y lixiviados. Los resultados obtenidos fueron que la producción de gases y lixiviados aumenta debido a la falta de reciclaje, lo que acorta la vida útil del relleno sanitario, de ahí la importancia del reciclaje lo cual reduce el volumen del relleno, minimiza la cantidad de producción de lixiviados, minimizando el costo de tratamiento y de infraestructura.

**Trajano (2016)** realizó un estudio titulado **“Diseño de un relleno sanitario de pequeño tamaño”**, cuyo objetivo fue estimar la vida útil del relleno sanitario y dimensionarán el sistema de drenaje del lixiviado, sistema de drenaje de gases y las capas de base y de cobertura del relleno sanitario. Los resultados obtenidos tras el análisis de las características geotécnicas y climatológicas de la región y las características de los residuos sólidos locales fueron posibles el diseño de la geometría del terraplén, mientras que los análisis de estabilidad aseguraron la geometría de terraplén era adecuada.

**Ruiz & Unapanta (2015)** realizaron un estudio denominado **“Diseño de un relleno sanitario manual para el recinto Cristóbal Colón - Provincia de Esmeraldas”**, con el objetivo de diseñar un relleno sanitario manual, destinado a la disposición final de los residuos sólidos. Los resultados obtenidos fueron que la población estimada para el año 2024 fue de 734 habitantes, con

una generación de residuos sólidos de 219, 040 Kg/día, requiriendo de esta manera un área de 2224,40 m<sup>2</sup>, donde se aplicó el método de trinchera con una vida útil del relleno de 10 años.

### **2.1.2. Nacionales**

**Morín & Soto (2017) realizaron un estudio titulado “Diseño de un relleno sanitario manual para el distrito de Parcoy– La libertad 2016”**, teniendo el objetivo de diseñar un relleno sanitario manual para minimizar la contaminación generada por RRSS municipales en el distrito de Parcoy – Pataz – La Libertad, obteniendo como resultado que la generación per cápita de residuos del distrito de Parcoy es menor a 20 Tn/día, el volumen de acumulado fue de 133,841.49 m<sup>3</sup>, requiriendo un área de 6.3 Ha y con una vida útil de 16 años.

**Román (2011) realizó un estudio denominado “Evaluación del diseño de infraestructura de disposición de residuos sólidos del ámbito municipal de Cajamarca, distrito de Jesús, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca”**, el objetivo fue analizar y comparar cada una de las tres alternativas planteadas en el diseño de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales de la ciudad de Cajamarca, la cual presta el servicio de disposición final a los distritos de Cajamarca y Llacanora, y prestará el servicio a los distritos de Jesús.

**Pari (2016) realizó un estudio titulado “Propuesta de gestión de residuos sólidos mediante un relleno sanitario manual para el municipio de Taraco”**, con el objetivo realizar una propuesta de diseño de relleno sanitario manual para la disposición final de los desechos sólidos generados por el pueblo de Taraco. Los resultados obtenidos fueron que el área requerida calculada es 3.16 Ha, el volumen de relleno 13501.47 m<sup>3</sup> con una vida útil de 5 años a más, el costo de operación y construcción haciende a S/. 7'620,229.97.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la Investigación**

#### **2.2.1.1 Residuos sólidos**

La Norma Brasileña (NBR) 10004, citado por Trajano (2016) “Define a los RRSS como aquellos residuos que se encuentran en los estados sólido y semi-sólido, que resultan de actividades de origen industrial, doméstico, hospitalario, comercial, agrícola, de servicios y de barrido”. Además, abarca a los lodos provenientes de sistemas de tratamiento de agua, así como determinados líquidos cuyas particularidades hacen inviable su lanzamiento en la red pública de alcantarillas o cuerpos de agua, o exijan para ello soluciones técnicas económicamente inviables frente a la mejor tecnología disponible.

En el Decreto Legislativo N°1278, un residuo sólido es “cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final.” (Congreso de la República, 2017)

#### **2.2.1.2 Impacto Ambiental de los residuos sólidos**

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2014) los impactos ambientales ocasionados por la inapropiada disposición de residuos sólidos son:

**a) Polución del agua:** Esta contaminación está dada en dos espacios y se especifican a continuación: La superficial, se contamina cuando los RRSS son arrojados

a los cuerpos de agua de manera directa (ríos, arroyos, lagos) o en muchos casos a través de la escorrentía; y la subterránea, se contamina por los lixiviados, que se infiltran en el suelo de los botaderos.

**b) Polución del suelo:** Basado en el arrojado de RRSS en lugares de disposición inapropiados como son los botaderos, y vertederos lo cual genera un impacto sobre el suelo, al no encontrarse impermeabilizado. La mala disposición también altera al recurso paisaje.

**c) Polución del aire:** Considerando la disgregación natural de los RRSS, asociado a la ocasional quema de estos, se produce la emanación de gases peligrosos. Clasificados en: gases de efecto invernadero, entre ellos el metano ( $\text{CH}_4$ ) y Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ); compuestos orgánicos persistentes, cuya ignición pueden formar dioxinas y furanos; y degradadores de la capa de ozono, como son los aerosoles.

### **2.2.1.3 Caracterización de los residuos sólidos**

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente [MINAM] (2013) “la caracterización de los residuos sólidos es una herramienta que permite obtener información primaria acerca de las características de los residuos sólidos en este caso municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico”. Esta información es obligatoria para poder ejecutar la proyección técnica y operativa del manejo de los RRSS y además la planificación administrativa y financiera, dado que teniendo el conocimiento de cuánto RRSS se genera en

cada una de las actividades que se producen en el distrito, se puede computar la tasa de cobros de arbitrios.

#### **2.2.1.4 Residuos sólidos urbanos**

La NBR 15849 y la Resolución Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) N° 404/2008 citado por Trajano (2016) mencionan que los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), denominados popularmente como "basura", proceden de domicilios, servicios de limpieza urbana, pequeños establecimientos comerciales, industriales y de prestación de servicios, que estén incluidos en el servicio de recolección regular de residuos y que tengan características similares a los residuos sólidos domiciliarios.

**Características:** Santos citado por Trajano (2016) menciona que “las características y propiedades de los RSM es fundamental para la elaboración de un proyecto de relleno sanitario. Sin embargo, la determinación de ciertas propiedades es un poco limitada”. Justificado en la alta diversidad de los RSM, que varía de región a región de acuerdo con las condiciones socioeconómicas, a la ausencia de procedimientos de muestreo y ensayos estandarizados, a la alteración de las propiedades de los RSM con el tiempo.

**a. Composición gravimétrica:** Boscov citado por Trajano (2016) menciona que “la composición gravimétrica de los residuos sólidos es la característica más influyente en su comportamiento geomecánico. Representa el porcentaje en peso de cada componente encontrado en los residuos en relación con su peso total”. Para determinar la composición gravimétrica se realiza mediante ensayos con muestras recogidas, realizando el

pesaje de la muestra, la separación y el pesaje de cada material encontrado en ella.

Santos y Lamare Neto citado por Trajano (2016) la composición gravimétrica de los residuos sólidos es una característica que suele variar de región a región. Se puede esperar que regiones más ricas presenten un porcentaje de materia orgánica (MO) inferior a una región menos favorecida debido a una menor manipulación de alimentos.

Es de gran importancia la proporción de la MO, pues ella influye directamente en la cantidad de lixiviado y gas producido por el relleno sanitario, en su compresibilidad y en la generación de poropresión.

**b. Peso específico:** Boscov citado por Trajano (2016) menciona que “el peso específico de los RRSS está sujeto a tres factores: de su composición gravimétrica, que es el más alto porcentaje de materiales livianos y MO acarrearán en menor peso específico, de su granulometría (residuos triturados forman arreglos más densos) y de su grado de compactación. Es importante resaltar que con el paso del tiempo y el transcurrir de la putrefacción de la MO su peso específico será diferente del original”.

No hay normalización de ensayos para encontrar el peso específico de los residuos sólidos. En general se suele realizarse mediante el pesaje de las muestras de la zanja y su respectivo cálculo del volumen de la misma. En el proyecto de relleno sanitario, la previsión del peso específico de los residuos sólidos es importante para estimar su duración útil.

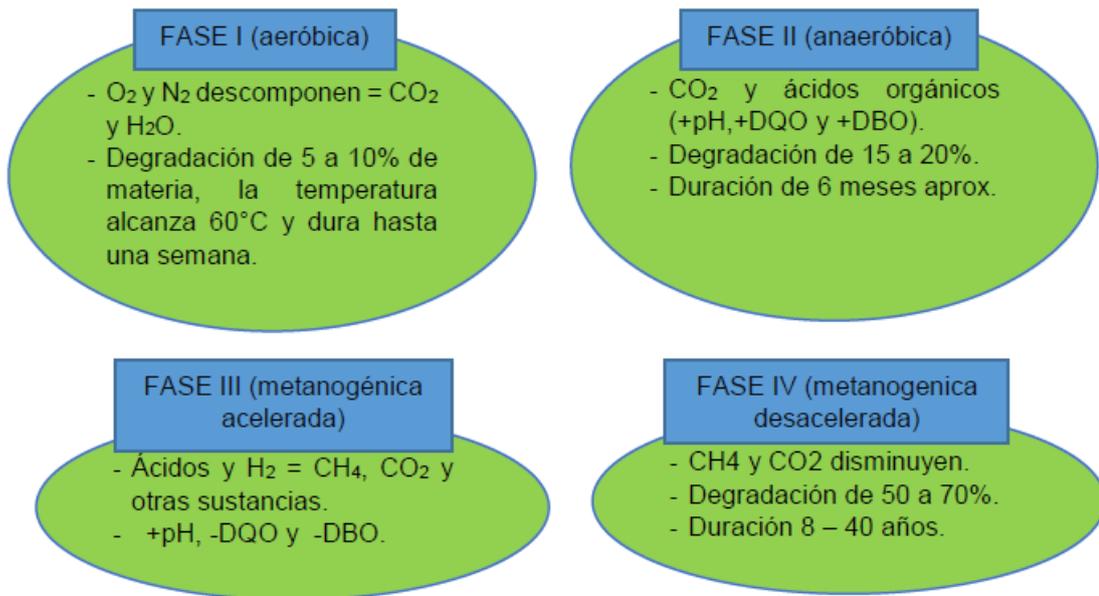
**c. Permeabilidad:** Boscov citado por Trajano (2016) menciona que la permeabilidad de los residuos sólidos determina la velocidad de flujo de los lixiviados al sistema de drenaje y consecuentemente su eficiencia. La baja permeabilidad significa que el suelo presenta bolsones de lixiviados y gases clavados en la masa de residuos pudiendo desarrollar inestabilidad al macizo.

**d. Resistencia al cizallamiento:** La búsqueda actual por mayores espacios disponibles exige que los rellenos presenten mayores alturas e inclinaciones. Con ello, la comprensión de las características de resistencia de los residuos sólidos es un factor primordial para garantizar la estabilidad y seguridad de los rellenos sanitarios (Trajano, 2016).

**e. Deformabilidad:** Los rellenos sanitarios presentan un alto grado de deformabilidad. Los componentes responsables pueden estar asociados a la biodegradación (pérdida de sólidos), a la gran cantidad de vacíos y a la variedad de los residuos sólidos.

**f. Biodegradación:** Los residuos sólidos presentan características activas de degradación que ocurre debido a procesos físicos, biológicos y químicos. El proceso se divide en cuatro fases a lo largo del tiempo:

**Figura 5- Esquema de las fases de la biodegradación.**



**Fuente:** Elaboración propia.

Como se ha detallado, la biodegradación de los residuos sólidos genera una gama de efluentes, líquidos y gaseosos. En seguida, se presentan los tipos de efluentes y sus principales características.

**g. Efluentes líquidos:** El efluente que más se destaca en la digestión anaerobia (Fase II) de la fracción orgánica de los residuos sólidos es el lixiviado. Este líquido presenta un elevado poder contaminante debido a su alta carga de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y presencia de metales pesados. Presenta color oscuro y mal olor.

Trajano (2016) cita a la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), la cual define lixiviado como "líquido resultante de la infiltración de aguas pluviales en el macizo de residuos, de la humedad de residuos y del agua de constitución de residuos orgánicos liberada durante su descomposición en el cuerpo del relleno sanitario".

**h. Efluentes gaseosos:** Los principales efluentes gaseosos se generan en la fase metanogénica acelerada (Fase III) de biodescomposición de los residuos sólidos. Las formaciones típicas del gas generado por la descomposición de los residuos están: biogás, presenta mayor porcentaje en volumen de gas metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Estos compuestos son altamente contaminantes y son causantes del efecto invernadero.

**Formas de disposición:** Trajano (2016) menciona que “en la actualidad en Brasil se permite solamente la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios. Sin embargo, todavía se encuentran, en gran cantidad, basurales y vertederos controlados”.

Por otro lado, la OEFA (2014) menciona que “la disposición final de RSM se realiza mediante el método de relleno sanitario y la disposición final de residuos del ámbito no municipal se realiza mediante el método de relleno de seguridad”.

**a. Botadero:** Es una práctica totalmente inadecuada desde el punto de vista ambiental y sanitario. Está fundamentada en la disposición directa de los RRSS en el suelo sin ninguna capa protección de base, geomembrana, generando la contaminación tanto del suelo y de las aguas subterráneas (escorrentía e infiltración de lixiviados). Además, genera la proliferación de vectores (roedores e insectos) y de enfermedades por permitir el libre acceso de personas (recolectores). También no hay control del origen, la cuantía de los residuos que llega al local y no hay ninguna clase de control de compactación (Jaramillo, 2002).

**b. Botadero controlado:** Es una manera menos perjudicial al medio ambiente en relación al basurero, el basurero controlado posee capa para cada día, además se destina una capa final de cobertura, mayor control de la composición de los residuos a ser lanzados y eventual compactación. Aunque es preferible al basural, la técnica de basurero controlado todavía es dañina al medio ambiente, pues muchas veces no hay la impermeabilización de la base y no hay recogida y tratamiento del lixiviado formado por la putrefacción de los residuos sólidos (Trajano, 2016).

**c. Relleno sanitario:** Según la norma brasileña NBR 15849, citado por Trajano (2016), “relleno sanitario es una técnica de disposición de residuos sólidos urbanos en el suelo, sin causar daños a la salud pública ya su seguridad, minimizando los impactos ambientales, método que utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos sólidos a la menor área posible y reducirlos al menor volumen permisible, cubriéndolos con una capa de tierra en la conclusión de cada jornada de trabajo, o intervalos más pequeños, si es necesario”.

#### **2.2.1.5 Alternativa de reciclaje de los residuos sólidos**

Según Recytrans (2015) menciona en su portal web que el proceso correcto de reciclaje obedece a cada residuo y en la condición en qué se halle.

##### **Clasificación del reciclaje de residuos sólidos:**

###### **a. De acuerdo a su proceso:**

- ✓ Reciclaje mecánico, este incluye el trabajo manual con la ayuda de las máquinas.
- ✓ Reciclaje químico, implica cambios químicos a nivel estructural del material, se busca descomponer un

polímero para la obtención de monómeros. Es este tipo de reciclaje tenemos: la pirolisis, hidrogenación, craqueo térmico, disolución, hidrólisis, metanolisis y glicolisis.

- ✓ Reciclaje energético, tiene como fin el aprovechamiento energético de materiales. Aquí tenemos a la incineración de residuos, pirólisis y gasificación.
- ✓ Reciclaje biológico, busca la descomposición de la MO en presencia o ausencia de O<sub>2</sub>.

**b. De acuerdo al tipo de residuo:**

- ✓ Papel y cartón, se inicia con la segregación y su traslado a la planta.
- ✓ Reciclaje de plástico, dado por dos maneras: mecánico, el cual radica en recoger el plástico, limpiarlo, molerlo o trocearlo, y químico, descomposición en moléculas más simples de plástico.
- ✓ Reciclaje de vidrio, dado a sus propiedades y características este residuo puede ser reciclado y reutilizado muchas veces.
- ✓ Reciclaje de textil y calzado, este material se desteje y servirá como materia prima de otros productos como mantas, materiales de insonorización, trapos para uso industrial. Si no se diera el caso, su destino es incineración con recuperación de energía o su depósito final en relleno sanitario.
- ✓ Reciclaje de residuos orgánicos, lo que se busca producir al realizar este tipo de reciclaje es el compost.

- ✓ Reciclaje de pilas y baterías, son residuos muy contaminantes, estas se someten a un proceso mecánico para su trituración refrigerada.
- ✓ Reciclaje de metales, estos se trituran cada uno según su composición.
- ✓ Reciclaje de tierras y escombros, estos mayormente proceden de las construcciones urbanas, así como minería o movimiento de tierras, o los desmontes. Se procede a hacer un zarandeo, luego se usa chorros de aire para separar según su densidad (papel, plástico), también un imán para separar materiales férricos y, por último, se tritura el residuo consiguiendo un material homogéneo.
- ✓ Reciclaje de agua, se logra a través de diversos tratamientos fisicoquímicos y biológicos.
- ✓ Reciclaje de aparatos electrónicos, su proceso es de separar diferentes materiales para su clasificación y valorización.

#### **2.2.1.6 Relleno Sanitario**

Jaramillo (2002) menciona que “son obras de ingeniería de saneamiento esencial de los RRSS, que sirven como lugar donde enterrarlos, para lo cual es muy importante primero la selección del terreno donde se construirá, segundo el diseño, y por último y lo más importante el funcionamiento y verificación de la infraestructura para un correcto trabajo del relleno sanitario de modo que sea amigable con el ambiente”.

Por su parte el OEFA (2014) afirma que “es una infraestructura y/o instalación consignada donde disponer de modo seguro los RRSS, que no afecte el medio ambiente. Pueden ubicarse por encima de la tierra firme en ciertos casos y en otros por debajo, esto

depende del terreno y de la economía, de acuerdo con los criterios técnicos de ingeniería”.

Zona utilizada como almacén de residuos sólidos, con manejo técnico apropiado. Los residuos sólidos son extendidos en capas o colocados en fosas, luego se compactan mecánicamente (manual o maquinaria). Esta operación debe realizarse diariamente para prevenir el desarrollo de insectos y roedores. Requieren de una preparación especial, incluyendo sistema de drenajes y plantas para tratar las aguas residuales (Organización Panamericana de la Salud, citado por MINAM, 2005).

#### **Clasificación de los rellenos sanitarios:**

**a. Relleno sanitario manual:** En el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 se señala que “un relleno sanitario manual es aquel que cuya capacidad de operación diaria no excede a seis (06) toneladas métricas (TM)” (Congreso de la República, 2017).

Jaramillo (2002) explica que “un relleno sanitario manual es un ajuste del concepto de relleno sanitario, pues este aplica para las pequeñas poblaciones por la cantidad y el tipo de residuos que producen, menos de 15 t/día, además por condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento”.

“Método sencillo de confinamiento sanitario de los residuos sólidos haciendo uso de mano de obra y herramientas simples” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS], 1997).

La palabra manual, “refiérase a que la compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de un grupo de hombres y el empleo de algunas herramientas” (Jaramillo, 2002).

**b. Relleno sanitario semi-mecanizado:** La operación diaria no debe de exceder las 50 toneladas de RSM y los trabajos de operación se hacen con el apoyo de equipo mecánico con la posibilidad de emplear herramientas manuales para el confinamiento de residuos (RM N°109-2006/MINSA, 2006).

Cuando una población genera o haya que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es necesario usar maquinaria pesada como soporte al trabajo manual, con la finalidad de abastecer y no saturarse por la cantidad de residuo por confinar (Jaramillo, 2002).

**c. Relleno sanitario mecanizado:** “La operación se realiza completamente con equipos mecánicos del tipo tractor de oruga, como los cargadores frontales y, su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas” (RM N°109-2006/MINSA, 2006).

El D.S N° 057-2004-PCM (2004) menciona que “es cuando la capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50) TM”.

Según el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 (2017) menciona que “es cuando cuya capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50T) M”.

“Este relleno está diseñado para las grandes metrópolis que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus

requerimientos es un proyecto de ingeniería muy complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Está fundamentado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones” (Jaramillo, 2002).

**Ventajas y desventajas de un relleno sanitario:** En la siguiente tabla se describe porque un relleno sanitario es una necesidad de saneamiento básico.

**Tabla 1 – Síntesis de las principales ventajas y limitaciones del relleno sanitario.**

Ventajas	Limitaciones
1. La inversión preliminar de fondos mucho más baja a la que se necesita para implantar el tratamiento de residuos mediante plantas de ignición o composteras.	1. La adquisición del lugar correcto para la ubicación es difícil debido al impedimento de los vecinos por el lugar escogido, reacción conocida como NIMBY (not in my back yard ‘no en mi patio trasero’), entre las razones están:
2. Los costos comparados de operación y mantenimiento son mucho menor a las tecnologías de tratamiento.	1.1. Desconocimiento sobre el modo de operación del relleno sanitario.
3. El relleno sanitario es la alternativa completa debido a que se puede acondicionar para todo tipo de RSM.	1.2. “Relleno sanitario” se confunde a un basurero a cielo abierto.
4. Se crean puestos de trabajo para personas poco calificadas. Teniendo esto en abundancia en países en desarrollo.	1.3. Ausencia de confianza hacia los administradores locales que no acreditan la calidad ni sostenibilidad de la obra.
5. Se puede usar el gas metano que se produce en el relleno como una Fuente de alternativa de energía para algunas ciudades.	1.4. La falta de saneamiento reglamentario del lugar.
6. El sitio seleccionado puede estar cerca de la población para facilitar la	2. El crecimiento urbano, limita y hace que los precios de sitios disponibles se incrementen, obligando a ubicar el relleno sanitario en sitios lejanos a la comunidad.  3. Si fallase la administración municipal, conllevaría a que el relleno sanitario se

supervisión de estos, así como cerca de las vías terrestres para reducir costos de transporte o abrir nuevas vías.	transformase en un botadero a cielo abierto, debido a la incorrecta operación y mantenimiento.
7. Admite terrenos inertes y marginales, convirtiéndolos en útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.	4. Una vez clausurado el relleno se debe evitar usar el lugar para construcciones.
8. El relleno sanitario empieza a funcionar en corto tiempo como técnica de disposición final de RRSS.	5. Hay restricción para las construcciones en el lugar.
9. Se puede adaptar para recibir mayores cantidades de RRSS adicionales con muy poco incremento de personal.	6. Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para impedir que la población use el sitio indebidamente.
	7. Los impactos ambientales a largo plazo pueden aparecer si no se toman medidas a largo plazo para controlar y mitigar. En la etapa de operación se debe tener en cuenta el polvo, ruido, malos olores y material volante que producen, así como también el drenaje de lixiviados y el manejo de los gases, mientras que, en la etapa de clausura, hacer los respectivos monitoreos.
	8. Las áreas a su entorno (chacras, predios, lotes) pueden desvalorizarse.
	9. Los residuos peligrosos no pueden ser recibidos en el relleno sanitario mientras este no este acondicionado para tales.

---

**Fuente:** “Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales” Jaramillo (2002).

**Diseño de los rellenos sanitarios:** Para lograr diseñar el relleno sanitario manual se realizan algunos estudios primordiales, valiéndose de métodos establecidos por la ingeniería ambiental y sanitaria, los resultados obtenidos

sirven como parámetros para la elaboración del proyecto, los pasos se describen a continuación:

- ✓ Se realiza la caracterización de los residuos sólidos, donde se obtiene la composición, el volumen, la densidad de los residuos sólidos que se generan, así como también la generación per cápita de residuos sólidos por habitante por día el cual se expresa de la siguiente manera (Kg/hab./día).
- ✓ Se evalúa y se procede a la selección de los posibles sitios para la ubicación del relleno sanitario de acuerdo a la metodología establecida en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual” (MINAM, 2011), como también un análisis de variables influyentes en la mitigación de impactos negativos al medio ambiente y prevención de la salud.
- ✓ Se describe el entorno del área de ubicación del relleno sanitario manual, así como la presencia de las aguas subterráneas. Adicionalmente se describe al suelo del sitio para el proyecto, tipo y propiedades físicas.
- ✓ Se realiza los cálculos de área de trinchera, volumen, vida útil, puntaje de selección de sitio, pendiente de terreno, selección del método de relleno y el diseño del relleno sanitario.
- ✓ Se diseña el Relleno Sanitario Manual, escogiendo al que mejor se adapte con las condiciones tanto económicas como técnicas con las que cuente el lugar.
- ✓ Finalmente se realiza la identificación y evaluación de los impactos ambientales por medio de instrumentos ambientales según concordancia a la normatividad ambiental vigente.

**a. Selección y características del sitio:** “La información de la geología y características específicas del suelo en el lugar seleccionado permite conocer de la posibilidad de deslizamientos de la infiltración del agua y además de la causal contaminación tanto del agua superficial y subterránea, a su vez es importante hacer el estudio del suelo del lugar seleccionado, le cual hace posible evaluación de la firmeza del terreno, la ubicación y calidad del material de la cantera o de la cantidad requerida ubicado dentro del área del relleno sanitario” (Jaramillo, 2002).

Para lugares con poca población debe ser mínima la exigencia en cuanto a los análisis, debido al pequeño tamaño de las obras y a la clasificación de residuos que se generan, el profesional que se podría requerir sería un geólogo especialista o conocedor en temas relacionados a análisis de suelo en rellenos sanitarios. Para aquellos lugares con una población inferior a 5000 habitantes solo bastaría pruebas de percolación, es decir filtración y lixiviación, además de análisis de suelo para determinar el tipo de suelo.

Los principales parámetros que se deben tener en cuenta en el análisis y la evaluación cualquier terreno seleccionado son:

**1.- Tipo de suelo:** El tipo de suelo adecuado “es el areno – arcilloso, por la poca permeabilidad, por lo cual la infiltración de lixiviados es menor, minimizando la contaminación” MINAM (2011). Por su parte Jaramillo (2002) menciona que pueden ser de 3 tipos, suelos areno-limo-arcillosos, suelos limo-arcillosos y también los suelos arcillo-limosos.

**2.- Permeabilidad del suelo:** “Es aquella capacidad que tiene el suelo que permite que el agua se infiltre en él, a través de sus poros. El coeficiente de permeabilidad (k) es un indicador de la velocidad con la que el agua atraviesa los diferentes tipos de suelo” Jaramillo (2002).

**3.- Profundidad del nivel freático:** Refiérase a la profundidad que se encuentra el agua. Los terrenos aptos para la ubicación del relleno sanitario deben ser secos o con agua a más de un metro de profundidad durante todo el año; si no se contase con un terreno de las características anteriores se deberá tratar de drenar de manera artificial. Caso contrario es mejor descartar los que permanecen inundados durante largos periodos.

**4.- Disponibilidad del material de cobertura:** El suelo limo-arcilloso es adecuado en el terreno seleccionado, dicho terreno necesariamente tiene que ser plano, donde el nivel del agua subterránea este a una profundidad adecuada y sin riesgo de contaminarla, y que pueda brindar el material de cobertura acorde con lo que se requiera. También se puede de ser el caso llevar material de cobertura de otro lugar no muy lejano.

**b. Condiciones climatológicas:** Es imprescindible reunir datos climatológicos de precipitación, evaporación y dirección del viento para así poder fijar las especificaciones de la construcción del relleno sanitario, conociendo con anticipación a las condiciones a que se expondrá la construcción.

### **c. Aspectos demográficos:**

**1.- Población:** Teniendo el conocimiento del total de habitantes facilita precisar la cuantía de RRSS que se dispondrá. Debe de haber una diferenciación entre la generación de residuos sólidos rurales y urbanos, los residuos del ámbito rural son de menor cantidad y los de ámbito urbano de mayor cantidad por factores como, concentración de las masas y el adelanto en la tecnología.

**2.- Proyección de la población:** Es aquella proyección futura que tendrá el proyecto que va desde cinco a diez años (Jaramillo, 2002). Para determinar la tasa de crecimiento poblacional, es decir el ritmo de crecimiento se usó datos de dos censos nacionales como mínimo (MINAM, 2011). Considerando la cantidad de población, se usó la fórmula de crecimiento aritmético, esto basado en que es un distrito pequeño con una población no muy extensa, la fórmula de la ecuación a emplearse:

$$P_f = P_o + (1 + r * t)$$

Donde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento de la población

t = variable tiempo (en años)

**d. Aspectos generales de los residuos sólidos:** “Los aspectos que se deben conocer son la generación per cápita (GPC), la producción total y la proyección de la producción total, es también necesario la composición de los residuos sólidos” (Jaramillo, 2002).

**1.- Generación per cápita:** “La generación per cápita (GPC) de los RSM se expresa en kilogramo por habitante por día (kg/hab-día), es el resultado de dividir la cantidad total de residuos entre la cantidad de habitantes” (MINAM, 2011). “Se puede determinar relacionando la cantidad de residuos entregadas por vivienda. Para determinar dicha producción se usó la siguiente ecuación”.

$$GPC = \frac{CRR}{Pob}$$

Donde:

GPC = Generación Per Cápita por día (kg/hab/día)

CRR = Cantidad de RSM recolectados en una semana (kg/sem)

Pob = Población total (hab)

**2.- Producción total:** Al determinar la producción total se podrá decidir sobre que vehículo se usará en proceso de recolección, el número de personal, las rutas de recolección, y cuántas veces se recolectará a la semana, que área se empleará, el costo y de ser el caso el costo del servicio. “La producción de RSM está dada en relación de la población con la GPC” (Jaramillo, 2002).

La ecuación usada en dicha producción es la siguiente:

$$DS_d = Pob * GPC$$

Donde:

DSd = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

Pob = Población total (habitantes)

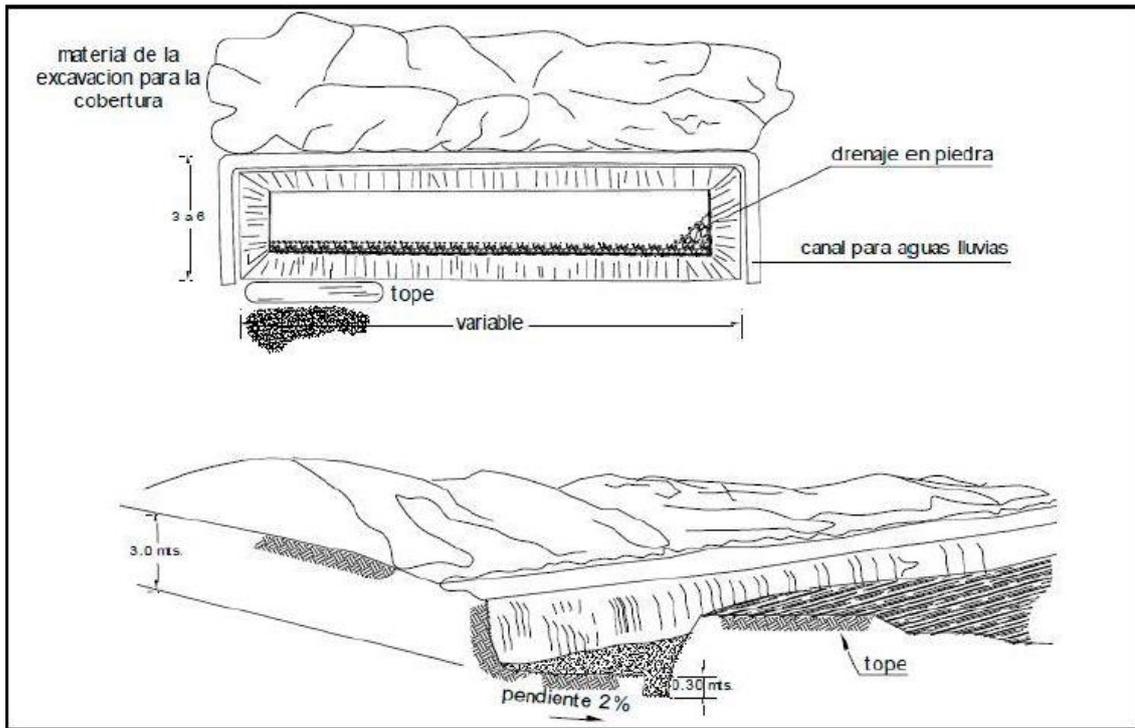
GPC = Generación per cápita (kg/hab-día)

**3.- Proyección de la producción total:** Para poder hacer posible dicho cálculo de la producción total, “se tuvo en cuenta la proyección hecha de la GPC, pero, teniendo conocimiento que el desarrollo y crecimiento urbano y comercial de la población, los índices de generación per cápita aumentan cada año, este aumento va entre un 0.5 y 1%” de acuerdo con (Jaramillo, 2002). En la proyección se empleó 1% para determinar la producción total.

**e. Selección del método de relleno:** La elección del método de relleno dependerá de las características del lugar, pudiendo ser el método de trinchera o zanja, el método de área, o la combinación de ambos, pues los factores que determinarán el método son la topografía, el tipo de suelo, sin olvidar a que profundidad esta la capa freática.

**1.- Método de zanja o trinchera:** Este tipo de método se suele emplear en lugares planos, el nivel de profundidad normal va desde 3 a 4 metros, la distancia entre zanja y zanja debe ser de 1 metro, la maquinaria empleada es una retroexcavadora o tractor oruga, la tierra retirada al excavar se emplea para el material de cobertura e ir tapando la zanja diariamente. “También se debe contar con información de la profundidad de la capa freática, el tipo de suelo, evitando en lo posible el suelo rocoso. Además, es imprescindible construir canales para conducir el agua de lluvia al sistema de drenaje” (Rivera, 2011).

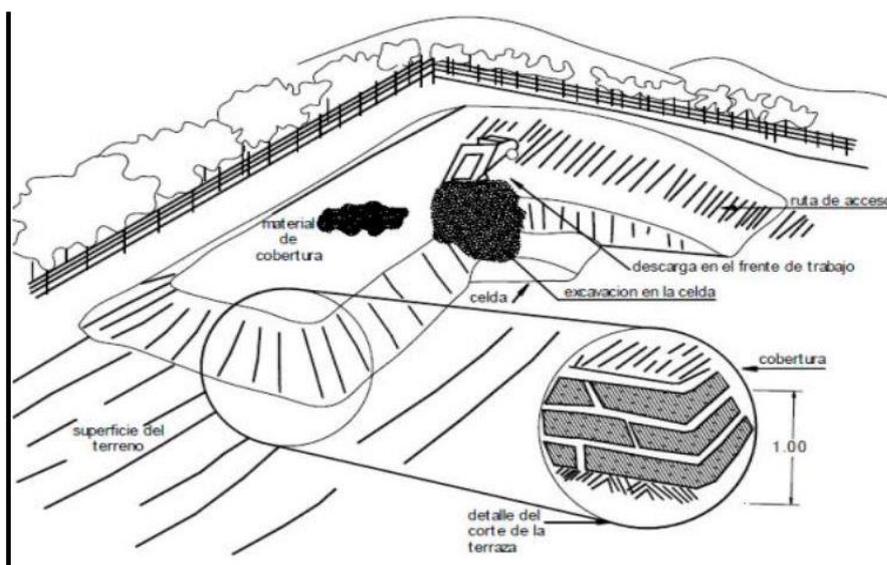
**Figura 6- Método de trinchera para construir un relleno sanitario.**



Fuente: Morín & Soto (2017).

**2.- Método de área:** Este método se emplea también en zonas planas a diferencia de que no sea factible excavar para depositar los RRSS, este método emplea el suelo sin ahondar, es decir solo se cubrirá con el material de cobertura; haciendo que gane altura, dicho material será traído desde de otro lugar, o también podría usarse la delgada capa superficial para cubrir los residuos. “La primera forma de este método se hace al establecer una pendiente ligera para evita deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno” (Rivera, 2011), tal como se muestra en la Figura 7.

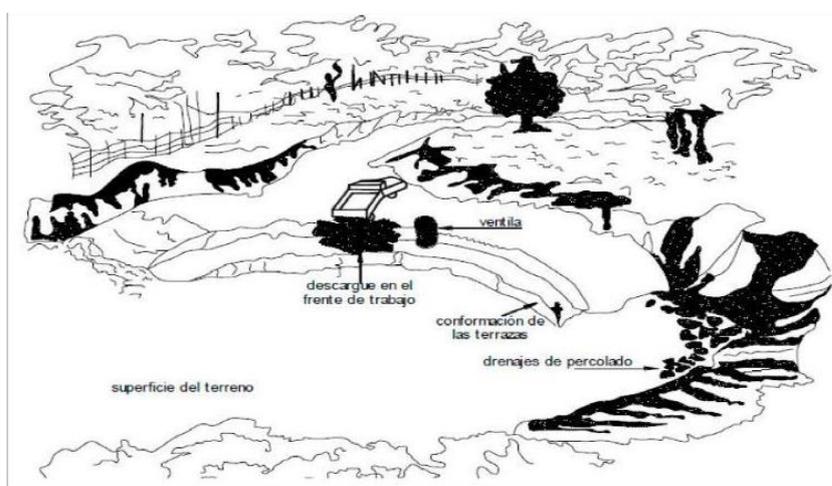
**Figura 7- Método de área para construir un relleno sanitario.**



Fuente: Morín & Soto (2017).

Además, se puede optar como sitio para el relleno sanitario aquellos que presentes desniveles o canteras empleadas, estos deben tener unos varios metros de hondura. “Para cubrir los residuos se emplearía material de cobertura extraída de terreno con pendiente encontrada alrededor del lugar, las celdas se irán llenando desde el fondo hacia arriba” (Rivera, 2011), así como se muestra en la Figura 8.

**Figura 8- Método de área para construir un relleno sanitario.**

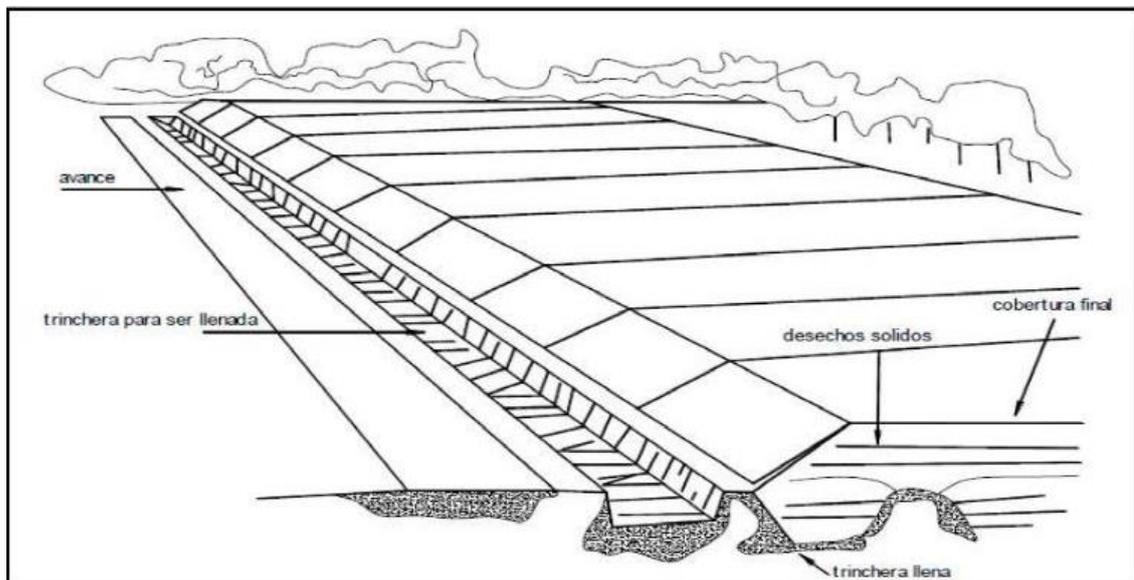


Fuente: Morín & Soto (2017).

“Las celdas del relleno se apoyan en la pendiente del terreno, en la operación de estas, se compacta y se tapa a diario con tierra con capa que puede ser desde 0,1 hasta 0,2 m de grosor, conservando una ligera pendiente desde 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie” (Rivera, 2011).

**3.- Combinación de ambos métodos:** Consiste en emplear el método de trinchera y área, lo que permite usar mejor el sitio seleccionado, la cantidad de material de cobertura, y a su vez facilita la operación del relleno, tal como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9- Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario.**



Fuente: Morín & Soto (2017).

Las funciones del material de cobertura son tres, el primero es evitar la fuga de los gases, el segundo es impedir la infiltración pluvial en especial, y último es imposibilitar el contacto de insectos, roedores y aves con los residuos sólidos (Rivera, 2011).

El método seleccionado a ser empleado fue el combinado porque necesita menor área y por demanda menores costos de adquisición del terreno para el relleno, además de ser mucho más fácil de operar.

**f. Cálculos necesarios:** Después de haber elegido el método combinado de trinchera y área, se realizó diversos cálculos que son esenciales para concluir con esta etapa de diseño.

**1.- Densidad de los residuos sólidos:** Para el cálculo y dimensión de la celda diaria que se empleó además del volumen del relleno sanitario se tuvo en cuenta las densidades que se mencionan:

- ✓ Celda diaria: puede contener una densidad de 400-500 Kg/m<sup>3</sup>, de residuos compactados manualmente.
- ✓ Volumen del relleno: la densidad es de 500 - 600 kg/m<sup>3</sup> de los residuos anteriormente compactados y estabilizados.

Las densidades mencionadas son producto de la compactación hecha a los residuos sólidos, pudiéndose lograr aumentar la solidez del relleno sanitario manual si se hiciese lo siguiente:

- ✓ La compactación manual, con el empleo de rodillo o los mazos de mano.
- ✓ Transitar con el vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas.
- ✓ La segregación y reciclaje de materiales (papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra, madera y otros materiales voluminosos) para disminuir la cantidad de RRSS que se disponen y solo poniendo los que no se puede recuperar, incrementando así la vida útil del relleno.

- ✓ La descomposición de la MO sumado al peso de las capas de cobertura de las celdas incrementa la densidad de los residuos sólidos.

$$\rho_{RRSS} = \frac{\text{Peso de la basura en Kg}}{\text{Volumen del Tambor (m}^3\text{)}}$$

**2.- Cálculo del volumen necesario para el relleno sanitario:** “Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de: - La producción total de RSM. - La cobertura de recolección (la condición crítica de diseño es recibir el 100% de los residuos generados). - La densidad de los RSM estabilizados en el relleno sanitario manual. - La cantidad del material de cobertura (20 - 25%) del volumen compactado de RSM” Jaramillo, (2002).

La cantidad usada para el material de cobertura fue el 20%, este es suficiente estando bien compactado.

**3.- Volumen de residuos sólidos:** “El volumen diario generado resultó de la relación del volumen de los residuos sólidos que se dispone en un día expresado en (m<sup>3</sup>/día), y la densidad de residuos recientemente compactados el cual es de 400-500 Kg/m<sup>3</sup>, y los estabilizados de 500-600 kg/m<sup>3</sup>” (Jaramillo, 2002). “De modo que el volumen anual se encontró a partir de la relación entre el volumen de residuos sólidos a disponer en un día entre 365 días que es el equivalente a los días de un año” (Morín & Soto, 2017).

$$V_{\text{Diario}} = \frac{\text{CRD}}{D_{\text{rsc}}}$$

$$V_{\text{Anual}} = V_{\text{Diario}} * 365$$

Dónde:

V<sub>Diario</sub> = Volumen de residuos sólidos a disponer en un día (m<sup>3</sup>/día)

CRD = Cantidad de residuos sólidos producidos (kg. /Día)

V<sub>Annual</sub> = Volumen de residuos sólidos en un año (m<sup>3</sup>/año)

365 = Equivalente a un año (días)

Drsc = Densidad de los residuos sólidos recién compactados, (400-500 kg/m<sup>3</sup>) y estabilizados (500-600 kg/m<sup>3</sup>).

**4.- Volumen del relleno sanitario:** Dato que se consiguió al multiplicar el volumen de los RRSS en un año por el material de cobertura, el factor del material de cobertura es desde 0.20 hasta 0.30.

$$VRS = V_{\text{Annual}} + MC$$

Dónde:

VRS = Volumen del relleno sanitario manual (m<sup>3</sup>/año)

V<sub>Annual</sub> = Volumen de residuos sólidos en un año (m<sup>3</sup>/año)

MC = Factor de material de cobertura (20% a 30%) con respecto al volumen compactado.

Los resultados hallados se emplean para conocer el volumen total del relleno sanitario durante toda su vida útil, es decir los valores acumulados anualmente, la ecuación empleada fue la siguiente:

$$VRS_{vu} = \sum_{i=1}^n VRS \Sigma$$

Dónde:

VRS<sub>vu</sub> = Volumen relleno sanitario durante la vida útil (m<sup>3</sup>)

n = Número de años.

El área necesaria para construir el relleno sanitario está en base a los siguientes factores:

- ✓ Cantidad de RRSS a disponer y cantidad de material de cobertura.
- ✓ Densidad de compactación de los RRSS.
- ✓ Profundidad o altura del relleno sanitario manual.
- ✓ Capacidad volumétrica del terreno.
- ✓ Áreas auxiliares para demás obras.

El área de los residuos sólidos relaciona el volumen necesario del relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año) entre la altura o profundidad media del relleno sanitario (m). La ecuación utilizada para determinar dicha área fue la siguiente:

$$A_{RS} = \frac{VRS}{h}$$

Dónde:

ARS = Área a rellenar sucesivamente (m<sup>2</sup>)

VRS = Volumen necesario del relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año)

h = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

Para obtener el área total requerida se multiplicó el factor de aumento del área adicional requerida por el área a rellenar sucesivamente, dicha área se refiere a las vías, zonas de aislamiento, caseta e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. El factor a considerarse se encuentra entre 20 a 40% del área a rellenar.

$$A_T = F * A_{RS}$$

Dónde:

AT = Área total requerida (m<sup>2</sup>).

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

El factor empleado fue el 40% o también es lo mismo decir 0.4 y para facilitar la obtención de los resultados se usó 1.4 debido a que este valor multiplica.

**5.- Cálculo de la celda diaria:** Jaramillo (2002) explica que “la celda diaria se compone por los RSM y el material de cobertura, se dimensiona con la finalidad de economizar tierra, cuidando el recubrimiento de la celda para facilitar el trabajo al operar los vehículos. Asimismo, para calcular las dimensiones y el volumen de la celda están los siguientes factores:

- ✓ La cantidad diaria de RSM que se debe disponer.
- ✓ El grado de compactación.
- ✓ La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.
- ✓ El frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos de recolección.

Las dimensiones de las zanjas se limitan por las siguientes dimensiones: La profundidad de la zanja, de 3 m de acuerdo con el tipo de suelo, la profundidad de la napa freática, tipo de equipo y costos de excavación.

**a. Cantidad de RSM que se debe disponer:** Esta cantidad de RSM se obtuvo de la cantidad de residuos producida a diario. A continuación, se aprecia la fórmula.

$$DS_{rs} = DS_p \times \left(\frac{7}{d_{hab}}\right)$$

Dónde:

DS<sub>rs</sub> = Cantidad media diaria de RSM en el relleno sanitario (kg/día)

DS<sub>p</sub> = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

d<sub>hab</sub> = Días hábiles o laborables en una semana (normalmente d hab = 5 o 6 días, y aún menos en los municipios más pequeños).

**b. Volumen de la celda diaria:**

$$V_c = \frac{DS_{rs}}{DS_{rsm}} \times m. c$$

Dónde:

V<sub>c</sub> = Volumen de la celda diaria (m<sup>3</sup>)

Dr<sub>sm</sub> = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno sanitario manual, 400-500 kg/m<sup>3</sup>.

m. c. = Material de cobertura (20-25%)

**c. Dimensiones de la celda diaria:**

**Área de la celda:**

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

Dónde:

A<sub>c</sub> = Área de la celda (m<sup>2</sup>/día)

H<sub>c</sub> = Altura de la celda (m) - límite 1,0 m a 1,5 m. Flintoff reporta alturas entre 1,5 y 2,0 m para rellenos sanitarios con operación manual, con lo que disminuye el material de cobertura.

**Largo o avance de la celda (m):**

$$l = \frac{A_c}{a}$$

a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m). Debe tenerse en cuenta que en pequeñas comunidades serán uno o dos vehículos como máximo los que descarguen a la vez, lo que determina el ancho entre 3 y 6 m.

La relación de largo-ancho restado el material de cobertura debe ser un cuadrado, debido a que los taludes deben cubrirse. La raíz cuadrada del área de la celda se expresa en la siguiente fórmula:

$$a = l = \sqrt{A_c}$$

“Cuando esto no se cumple por ser el ancho resultante demasiado estrecho para la descarga de los vehículos, entonces se fija primero el ancho y luego se calcula el avance” Jaramillo (2002).

**6.- Gestión de lixiviados:** “La MO es la que se descompone de manera más elevada. Los productos secundarios de la descomposición están constituidos por líquidos, gases y sólidos. El lixiviado es un líquido muy concentrado, maloliente de color negro, parecido a las aguas residuales domésticas, generado por la descomposición o putrefacción natural de la basura” Jaramillo (2002).

**a. Cálculo estimación de lixiviados producidos:** Jaramillo (2002) “afirma que el volumen de lixiviado en un

relleno sanitario depende de los siguientes constituyentes: - Precipitación pluvial en el área del relleno. - Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea. - Evapotranspiración. - Humedad natural de los RSM. - Grado de compactación. - Capacidad de campo (capacidad del suelo y de los RSM para retener humedad).

El volumen de lixiviado está en relación a la precipitación de las lluvias, ya sea las escorrentías o infiltraciones. “En algunos casos cuando se dificulta la obtención de datos climatológicos, se pueden utilizar coeficientes que correlacionan los factores antes mencionados, para así poder precisar el volumen de lixiviado producido” (Jaramillo, 2002).

Para estimar el caudal del lixiviado se emplea el método suizo, este permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado mediante la ecuación:

$$Q = \frac{1}{t} P \times A \times K$$

Dónde:

Q = Caudal medio de lixiviado (lt/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m<sup>2</sup>)

T = Número de segundos en un año (31.536.000 seg/año)

K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:

- ✓ Para rellenos ligeramente compactados con peso específico de 0,4 a 0,7 t/m<sup>3</sup>, se produce de lixiviado

entre 25 y 50% ( $k = 0,25$  a  $0,50$ ) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

- ✓ Para rellenos fuertemente compactados con peso específico  $> 0,7 \text{ t/m}^3$ , se genera una cantidad de lixiviado entre 15 y 25% ( $k = 0,15$  a  $0,25$ ) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

Los lixiviados se generan principalmente durante los periodos de precipitaciones y unos días después. Basándose a esto se tiene que hacer una adaptación del método, en relación de la precipitación de los meses de lluvia y no todo el año. Este es un criterio e a la hora de estimar la red de drenaje o almacenamiento de lixiviado para los rellenos sanitarios manuales.

Entonces los registros de precipitación serán de los meses de máxima lluvia, expresados en mm/mes, con lo cual se consigue una buena aproximación al caudal generado:

$$Q_{lm} = P \times A \times K$$

Dónde:

$Q_{lm}$  = Caudal medio de lixiviado generado ( $\text{m}^3/\text{mes}$ )

$P_m$  = Precipitación máxima mensual ( $\text{mm}/\text{mes}$ )

$A$  = Área superficial del relleno ( $\text{m}^2$ )

$K$  = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura,  $1 \text{ m} = 103 \text{ mm}$ .

**b. Diseño del sistema de drenaje de lixiviado:** El diseño tiene como criterio la cantidad de ingreso pluvial, para la construcción de canales a nivel de perímetro y un techo sobre los terraplenes. Logrando así que la cantidad de lixiviado sea prácticamente despreciable, mitigando así

uno de los mayores problemas de este tipo de obras, sobre todo en las zonas lluviosas.

“Otra alternativa se debe de construir un sistema de almacenaje de lixiviados en forma de espina de pescado” (Jaramillo, 2002).

**c. Volumen de lixiviado:** Todo lo que se genere se tendrá que almacenar en cunetas dentro del relleno, de no bastar con esto se dejará al aire libre, reduciendo el agua con el proceso de evaporación. La fórmula que se empleó para determinar este volumen fue la siguiente:

$$V = Q \times t$$

Dónde:

V = Volumen de lixiviado que será almacenado (m<sup>3</sup>)

Q = Caudal medio de lixiviado (m<sup>3</sup>/mes)

t = número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)

**d. Longitud del sistema de zanjas para el lixiviado:**

“Las zanjas deben tener por lo menos un ancho de 0,6 metros por 1 metro de profundidad, sabiendo que el nivel freático esté un metro más abajo y el suelo tenga las condiciones de impermeabilidad” (Jaramillo, 2002).

$$l = \frac{V}{A}$$

Dónde:

l = Longitud de las zanjas de almacenamiento (m)

V = Volumen de lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia (m<sup>3</sup>)

A = Área superficial de la zanja (m<sup>2</sup>).

**7.- Generación de gases:** Esta generación se da debido a la descomposición de los RSM, puesto que el relleno tiene características de biodigestor tipo anaeróbico, el cual se da a través de dos etapas: aerobia y anaerobia. “La aerobia no tiene mucha duración y es irrelevante, mientras que la anaerobia, es de predominio, en esta etapa no hay circulación de oxígeno por no ingresar aire, de ahí que se produzcan cantidades considerables de metano (CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y mercaptanos” (Jaramillo, 2002).

**a. Drenaje de gases:** “Este drenaje se logra a través de chimeneas hechas de tubos de concreto, como un sistema de ventilación, estos tubos atraviesan en sentido vertical todo el relleno, los cuales tienen conexión con los drenajes de lixiviados” (Jaramillo, 2002).

También se puede hacer con tubería PVC, “el cual consiste en tubos perforados que se colocan dentro de la capa de piedra bola o grava. Es necesario que haya una capa de filtro sobre la capa de drenaje (geotextil, pasto, saquillo extendido u otro material equivalente) para evitar la colmatación de los tubos. El diámetro de los tubos puede estar entre 100 y 300 mm. Para los colectores mayores en rellenos grandes, es recomendable tubos con el diámetro de 250 a 300 mm” (Ministerio de Medio Ambiente y Agua [MMAA], 2010).

“Las chimeneas deben de tener un diámetro de 0.3 a 0.5 metros y separadas de 20 a 50 metros. Estas chimeneas deben ser construidas de forma vertical a medida que progresa el relleno sanitario y desde la base del mismo,

procurando que el entorno de la chimenea este bien compactada” (MMAA, 2010).

**8.- Cálculo de la vida útil:** “El volumen del relleno comprendo entre las configuraciones iniciales y final del terreno, calculadas mediante cualquiera de los métodos descritos anteriormente nos darán el volumen total disponible. El volumen total disponible del terreno se compara con los valores de los volúmenes acumulados del relleno, hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor al número de años que equivalen a la vida útil del relleno” (Jaramillo, 2002).

### **2.3. Marco normativo**

- ✓ La Constitución Política del Perú del año 1993, en su art. 2, inciso 22 afirma que toda persona tiene derecho gozar de un ambiente equilibrado y en el art. 7 se refiere a la protección de su salud (Presidencia del Consejo de Ministros, 2013).
- ✓ La ley N° 28611 Ley General del Ambiente en su art. 119 correspondiente al manejo de los RRSS hace saber que la responsabilidad de la gestión y manejo de los RSM recae en la municipalidad.
- ✓ Decreto Legislativo N° 1278, Ley de la Gestión Integral de RR. SS, no solo regula al ámbito interno, sino que concierne en cuanto a la importación y exportación de los mismos.
- ✓ Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, el cual es una explicación a fondo de dicha ley donde se dan a conocer los criterios técnicos relacionados a infraestructura de disposición de RR.SS. Asimismo, en el decreto supremo, se indica el eficiente uso de los materiales, la regulación y gestión, manejo de los RRSS, que se enfoca en reducirlos en donde se generan, además de darle valor material y también energética.

- ✓ Decreto Legislativo N° 1065, modificatoria de la ley General de RRSS menciona los tres Instrumentos de Gestión Ambiental actuales, tomando medidas en los impactos desfavorables de los RR.SS.
- ✓ Ley N° 27446, ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, modificado por Decreto Legislativo N° 1078, y Decreto Legislativo N° 1013, siendo para la identificación, prevención, supervisión, control y corrección de los impactos ambientales negativos generados por proyectos de inversión.

## 2.4. Definición de términos

1. **Beneficio:** Se refiere a un bien que es dado o que es recibido. El beneficio siempre implica una acción o resultado positivo y que por consiguiente es buena y puede favorecer a una o más personas, así como satisfacer alguna necesidad (Coelho, 2017).
2. **Característica:** Es una cualidad que permite identificar a algo o alguien, distinguiéndolo de sus semejantes. Puede tratarse de cuestiones vinculadas al temperamento, la personalidad o lo simbólico, pero también al aspecto físico (Pérez y Gardey, 2011)
3. **Compostaje:** Descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio. (Álvares, 2014)
4. **Conciencia ambiental:** Es una filosofía general y movimiento social en relación con la preocupación por la conservación del medio ambiente y la mejora del estado del ambiente, es a menudo representada por el color verde (Ecología hoy, 2011).
5. **Diagnóstico:** Es el proceso de reconocimiento, análisis y evaluación de una cosa o situación para determinar sus tendencias, solucionar un problema o remediar un mal. (Coelho, 2019).
6. **Generación per cápita:** Muestra la cantidad de residuos sólidos domiciliarios generados por habitante, a su vez sirve de insumo para el diseño, elaboración e implementación de políticas y estrategias para la

minimización de los residuos. (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2018).

7. **Gestión sanitaria:** Proceso mediante el cual los recursos destinados a atender las necesidades en salud de determinados pacientes se utilizan de forma que se alcance el máximo provecho, tratando de optimizar la cantidad y calidad de los cuidados médicos respecto de los recursos utilizados (Rubio et al. 2018)
8. **Hábito:** El uso más usual está asociado a la costumbre o rutina que se adquiere a partir de repetir conductas similares. Estos hábitos también pueden asociarse al instinto y a la herencia (Pérez y Merino, 2008).
9. **Integral:** En términos generales, se utilizará cuando se quiera dar una idea de totalidad o globalidad alrededor de una determinada cuestión (Ucha, 2009).
10. **Residuos sólidos:** Son todas aquellas sustancias o productos en estado sólido que ya no necesitas, pero que pueden ser reaprovechados (Sociedad Peruana de derecho Ambiental [SPDA], 2009)

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis general

El diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología apropiada, será el adecuado para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta

### 2.5.2. Hipótesis específicas

a) Los criterios de diseño del relleno sanitario de residuos sólidos para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta, se encuentran enmarcados en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

b) La configuración de los componentes del relleno sanitario de residuos sólidos para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta, se encuentran enmarcados en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

c) El costo de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta, está en función de los metrados y costos unitarios de las partidas que contempla el diseño.

## 2.6. Variables

### 2.6.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

**X = Diseño de relleno sanitario.**

**Definición:** El diseño del relleno sanitario comprende un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el residuo sólido cuyo objeto es disminuir el impacto ambiental que generan los residuos.

**Y = Residuos sólidos.**

**Definición:** Los residuos sólidos constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico.

### 2.6.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 2 – Variables de investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Diseño del relleno sanitario	Residuos sólidos

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.6.3. Operacionalización de la Variable

**Tabla 3 – Operacionalización de las variables.**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES (FACTORES)	INDICADORES (DEFINICION CONCEPTUAL)
Diseño del relleno sanitario	El diseño del relleno sanitario de residuos sólidos es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el residuo sólido cuyo objeto es disminuir el impacto ambiental que generan los Residuos	Adecuado manejo de residuos Recoger, transportar y disponer en forma segura en el primer año. Adecuadas prácticas en el manejo de RR.SS.	Adecuado manejo de residuos Recoger, transportar y disponer en forma segura en el primer año. Adecuadas prácticas en el manejo de RR.SS.  Cantidad de inversión económica para el sistema. Cantidad de personas que conocen sobre el manejo de los RS Cantidad de residuos sólidos reciclables producidos Cantidad de Residuos orgánicos Cantidad de Residuos inorgánicos
Residuos solidos	Los residuos sólidos constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico.	Nivel de ingreso por los residuos solidos	

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método de investigación fue el científico ya que nos indica que el conjunto de procedimientos racionales y sistemáticos encaminados a hallar solución a un problema y, finalmente, verificar o demostrar la verdad de un conocimiento. Estos procedimientos implican la aplicación de técnicas e instrumentos, válidos y confiables según el tipo de investigación (Barrientos, 2013).

#### **3.2. Tipo de Investigación**

Esta fue una investigación aplicada, porque se va a diseñar un relleno sanitario que solucione el problema de la disposición de los residuos sólidos del C.P. Buena Vista en el distrito de Anta, Provincia de Acobamba - Huancavelica, donde es necesario realizar un análisis y aplicar directo al problema de la sociedad, las características de los residuos sólidos, se elegirá el lugar más propicio para la construcción del relleno basado en características físicas y geológicas del terreno, de ello se diseñara el relleno sanitario de residuos sólidos la más propicia a las condiciones del lugar y al tipos de residuos.

El presente método ofrece una diversidad de caminos en el campo de la investigación y brinda herramientas que permiten comprender a los actores de su realidad integrado de facticidad objetiva y significados objetivos es por eso que se cuenta con los puntos de vista de los vendedores y procedimientos en cuanto a cómo manejan los residuos sólidos; para tratar de identificar la naturaleza profunda de la realidad, sus capacidades, sus relaciones y compromiso con el ambiente de la plaza en especial; donde pasan la mayor parte del día. (Bonilla & Rodríguez, 1997).

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue descriptivo-explicativo porque se realizará una caracterización de los residuos sólidos donde se determinará el hábito de consumo de recursos (productos) de ello saber los tipos de residuos generados por la población, la cantidad, el volumen, describir la metodología actual del manejo de los residuos y los lugares de disposición final de residuos sólidos en el C.P. Buena Vista. Luego se determinará el lugar para la construcción del relleno sanitaria de las cuales se describirá sus ventajas y desventajas de la cual se seleccionará el mejor sitio.

### **3.4. Diseño de investigación**

En el presente proyecto se realizó un diseño experimental que prescribe una serie de pautas relativas que variables, al aplicar este diseño hace posible detectar, numéricamente, diferencias y semejanzas reales. Las inferencias se hacen sobre bases medibles de probabilidad, en la cual se administra una medición sobre la variable dependiente del estudio. (Hernández Sampieri. 2010).

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población total o universo serán todas las viviendas del C.P. Buena Vista, distrito de Anta, provincia de Acobamba - Huancavelica, el mismo que está compuesto por 112 viviendas.

#### **3.5.2. Muestra**

El tamaño de la muestra se obtuvo con la fórmula de investigación de mercado, el tipo de muestreo se obtendrá de forma aleatorio.

Dónde:

$n$  = el tamaño de la muestra.

$N$  = tamaño de la población (112 viviendas).

$Z$  = Niveles de confianza, para nuestro caso usaremos el 95% de confianza que equivale un  $Z=1,96$ .

$P$  = Nivel de conocimiento del problema.

q = Nivel de desconocimiento del problema

En ambos casos P y q se toma el valor de 5% (0,05).

S = margen de error permisible (12%).

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración del proyecto de investigación se tuvo en cuenta lo siguiente:

**Fuentes de información:** Las fuentes de información fueron fuentes primarias (del lugar de origen), proporcionado por los pobladores C.P. Buena Vista, Distrito de Anta, Provincia de Acobamba - Huancavelica.

El estudio se amplió con las recomendaciones de los autores y su punto de vista, de estudios de ingeniería que sirvió para obtener una idea clara de los alcances de los objetivos.

Durante la investigación se buscó información sobre diseño de rellenos sanitarios, el cual demostraría los hechos y realidades que ocurren actualmente, también se recolecto datos de antecedentes de investigación los cuales son complementos para el sustento de la investigación.

**Técnicas:** Primeramente, se tuvo en cuenta el análisis documental, para lo cual se consideró las fichas bibliográficas, fichas de resumen, fichas de párrafo; el cual sirvió para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

**La observación:** La técnica de la observación se aplicó durante los estudios topográficos y estudios de suelos en lugar donde se planteó la ubicación del relleno sanitario.

### 3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

**Microsoft Excel:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados, diseño de gaviones y datos obtenidos.

**Microsoft Word:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en campo y de los ensayos realizados.

**AutoCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.

**S-10:** Para determinar el costo del proceso constructivo de los gaviones.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Para la elaboración y procesamiento de los datos se emplearon programas como autocad, hojas Excel, Word y costos y presupuestos - S10, los que sirvieron para ordenar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones y estas se puede apreciar en los anexos respectivos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados específicos

##### A) Criterios de diseño del relleno sanitario de residuos sólidos

**a.1.- Tipos de rellenos sanitarios:** Existen 03 tipo de infraestructura de relleno sanitario que corresponden al método de disposición final que la reglamentación vigente adopta como la alternativa técnica y económica más conveniente para la disposición final de los residuos sólidos.

**Tabla 4 – Tipo de rellenos sanitarios por capacidad e infraestructura.**

Rubro	Relleno sanitario manual	Relleno sanitario semi mecanizado	Relleno sanitario mecanizado
Capacidad de disposición de residuos sólidos municipales	Hasta 6 t/día	Superior a 6 t/día hasta 50 t/día	Más de 50 t/día
Características de la operación	Las actividades de disposición final de residuos sólidos se realizan en forma manual y con empleo de herramientas manuales.  Requiere empleo de maquinaria solo para corte y acopio de tierra para la cobertura de los residuos en área cercana a la destinada a la disposición final de residuos.	Las actividades de disposición final de residuos se realizan necesariamente con equipos multiusos (minicargador o retroexcavadora) asignado para utilización exclusiva del relleno sanitario.  Para trabajos de acopio o traslado de tierra se considera disponer de cargador frontal y camión volquete.	Las actividades de disposición final de residuos se realizan necesariamente con maquinaria pesada, la que debe estar asignada para uso exclusivo del relleno sanitario.  La maquinaria pesada y sus características estarán en relación con la cantidad de residuos que se dispongan el tipo predominante del suelo de la zona y las condiciones climáticas.

Fuente: Guía para diseño y construcción de infraestructura de disposición final de residuos municipales RM N°459-2018-MINAM.

El relleno sanitario manual es aquel diseñado para dar disposición final a los residuos sólidos de pequeñas poblaciones que producen menos de 6 toneladas diarias de residuos sólidos. En este tipo de rellenos las operaciones diarias de acomodo, compactación y cubrimiento de los residuos depositados son realizadas diariamente por operarios que utilizan herramientas de uso manual, tales como rastrillos, palas, carretillas, pisones, etc.

Ocasionalmente, una o dos veces al año, se emplea maquinaria de movimiento de tierra para excavar trincheras o para acondicionar el suelo destinado a recibir los residuos.

Para nuestro caso, por las características climáticas y del terreno, se tomará como clasificación el tipo de relleno sanitario manual.

**a.2.- Definición del método a emplear para la disposición final de residuos sólidos:** Existen tres tipos de métodos constructivos: trinchera, área o mixto, para la definición del método constructivo del relleno sanitario de esta localidad se optó por Trinchera o zanja, lo cual se consideró lo siguiente:

- ✓ **Topografía del terreno:** el levantamiento topográfico permitió conocer la configuración del terreno, la pendiente es pronunciada desde el norte hacia el lado sur, en ese sentido la plataforma se construirá en la zona inclinada para la construcción de la trinchera, tal como se aprecia en los planos.
- ✓ **Condiciones geológicas:** el estudio de suelos permitió conocer hasta que profundidades se pueden excavar para la construcción del fondo de las trincheras y, el tipo de suelo a definir la inclinación del talud.
- ✓ **Condiciones hidrológicas:** el estudio hidrológico permitió conocer la existencia de agua subterránea a la profundidad del fondo de las trincheras.
- ✓ **Balance de material:** el modelamiento de las plataformas hace que se compensen el volumen de corte y de relleno.

**a.3.- Cálculo de la cantidad de residuos a disponer:** Para definir la cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario fue necesario realizar los siguientes procedimientos:

- ✓ **Caracterización de los residuos sólidos:** De acuerdo al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos del C.P. Buena Vista, donde se determinó que la generación total de residuos sólidos es de 5.115 t/día, que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5 – Residuos sólidos domiciliarios.**

<b>Características</b>	<b>Información</b>
Generación total (ton/día)	5.115
GPC (kg/hab/día)	0.431
Densidad (ton/m <sup>3</sup> )	0.60
Humedad (%)	78.56
Residuos orgánicos (%)	58.37
Residuos inorgánicos reaprovechables (%)	22.80
Residuos inorgánicos no reaprovechables (%)	18.83

**Fuente: Elaboración propia.**

- ✓ **Cantidad de residuos a disponer:** Para definir la cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario es necesario conocer:
  - La información demográfica de la población a la cual servirá el proyecto.
  - La generación per cápita de residuos por habitante/día y la generación de residuos sólidos no domiciliarios asimilables a residuos sólidos municipales.

En relación a lo mencionado se tienen las siguientes tablas:

**Tabla 6 – Parámetros de la población beneficiaria.**

<b>Características</b>	<b>Datos</b>
Población (hab)	1,894
GPC (kg/hab/día)	0.431
TGPC (%)	1.00
Tasa de crecimiento (%)	0.076

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7 – Generación de residuos sólidos.**

<b>Años</b>	<b>Años de Vida Útil</b>	<b>Población</b>	<b>GPC (kg/día)</b>	<b>Cantidad de Residuos (T/día)</b>	<b>Cantidad de Residuos (T/año)</b>
2020	1	1,894	0.431	0.82	299.30
2021	2	1,896	0.431	0.82	299.30
2022	3	1,897	0.431	0.82	299.30
2023	4	1,899	0.431	0.82	299.30
2024	5	1,900	0.431	0.82	299.30
2025	6	1,902	0.431	0.82	299.30
2026	7	1,903	0.431	0.82	299.30
2027	8	1,904	0.431	0.82	299.30
2028	9	1,906	0.431	0.82	299.30
2029	10	1,907	0.431	0.82	299.30

Fuente: Elaboración propia

En el marco del cumplimiento de la ley, se tiene que reducir la cantidad de residuos que se destinan al relleno sanitario promoviendo la valorización de residuos orgánicos, de esta manera solo llegaría al relleno sanitario aquel residuo que no tiene valor comercial, en cuyo caso la cantidad de residuos sólidos confinados variara. Como el C.P. Buena Vista es pequeño, el diseño de la infraestructura del relleno sanitario se calculará asumiendo el 100% de residuos sólidos generados por la población, en el caso que esta cantidad se redujera beneficiaria al prolongar la vida útil del relleno sanitario.

**a.4.- Cálculo de la capacidad útil requerida:** La capacidad útil requerida del relleno sanitario se calcula considerando el volumen anual y total de residuos a disponer, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ La cantidad total de residuos sólidos municipales a disponer.
- ✓ La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario.
- ✓ El volumen del material de cobertura entre el 20% al 25% del volumen total de los residuos sólidos.

Teniendo en cuenta los datos requeridos para el cálculo de la capacidad útil requerida del relleno sanitario, la cantidad total de residuos sólidos se muestran en la tabla 08, la densidad aproximada del residuo sólido será de 0.6 t/m<sup>3</sup> y el volumen de material de cobertura se asumirá el 20% del volumen total de los residuos sólidos.

Con estos criterios en el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la capacidad útil requerida.

**Tabla 8 – Calculo de capacidad útil requerida.**

<b>Años</b>	<b>Años de Vida Útil</b>	<b>Cantidad de Residuos (T/año)</b>	<b>Volumen Residuos (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Volumen Cobertura (m<sup>3</sup>/año)</b>	<b>Volumen Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen Total Acumulado (m<sup>3</sup>)</b>
2020	1	299.30	499.83	99.96	599.79	599.79
2021	2	299.30	499.83	99.96	599.79	1,199.58
2022	3	299.30	499.83	99.96	599.79	1,799.37
2023	4	299.30	499.83	99.96	599.79	2,399.16
2024	5	299.30	499.83	99.96	599.79	2,998.95
2025	6	299.30	499.83	99.96	599.79	3,598.74
2026	7	299.30	499.83	99.96	599.79	4,198.53
2027	8	299.30	499.83	99.96	599.79	4,798.32
2028	9	299.30	499.83	99.96	599.79	5,398.11
2029	10	299.30	499.83	99.96	599.79	5,997.90

Fuente: Elaboración propia.

**a.5.- Estimación de vida útil:** De acuerdo al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, la estimación de vida útil del área de disposición final de los residuos sólidos, se estima que:

1. A nivel de **trincheras: 10 meses**
2. A nivel de asignación de área: 28 meses

La estimación realizada puede variar en un intervalo de 0.5 % en función a los datos comparativos.

Si los procesos de disposición de los residuos sólidos son valorizados en el proceso de segregación en la fuente, tanto los orgánicos como los inorgánicos, de acuerdo a la ponderación del tiempo de vida del área de disposición de los residuos sólidos se optimizará hasta en un 25% de vida útil más en función a las estimaciones de las diferentes metodologías a implementar.

**a.6.- Cálculo de los volúmenes de recepción:** Una vez determinado que el método constructivo a utilizar sea de Trincheras, se realiza el cálculo del volumen de recepción de las trincheras y/o plataformas que se consideren en función a las condiciones antes mencionada.

- ✓ **Talud para el diseño de trincheras:** Para el diseño del relleno sanitario, los taludes de corte y de relleno considerara las inclinaciones recomendadas para la instalación de los materiales geosintéticos, características del suelo y el tipo del terreno.

**Tabla 9 – Taludes de corte.**

<b>Características del suelo natural</b>	<b>Talud de corte (H:V)</b>	<b>Observación</b>
Roca fija	1:10	Máximo hasta h=10m
	1:8	Cuando h > 10m
Roca suelta	1:6 – 1:4	Máximo hasta h=5m
	1:4 – 1:2	Cuando h=5 a 10m
	1:2	Cuando h > 10m
Conglomerado/grava	1:1 – 1:3	Cuando h<= 5m
	1:1	Cuando h=5 a 10m
Tierra limo arcilloso o arcilla	1:1	Máximo hasta 10m
Arena	2:1	Máximo hasta 5m

**Fuente: Guía para diseño y construcción de infraestructura de disposición final de**

**residuos municipales RM N°459-2018-MINAM.**

**Tabla 10 – Taludes de relleno.**

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Talud de relleno (V:H)</b>	<b>Observación</b>
Grava, limo arenoso y arcilla	1:1.50	Cuando $h \leq 5m$
	1:1.75	Cuando $h = 5$ a $10m$
	1:2.00	Cuando $h > 10m$
Arena	1:2.00	Cuando $h \leq 5m$
	1:2.50	Cuando $h = 5$ a $10m$
	1:2.50	Cuando $h > 10m$
Enrocado	1:1.00	Cuando $h \leq 5m$
	1:1.25	Cuando $h = 5$ a $10m$
	1:1.50	Cuando $h > 10m$

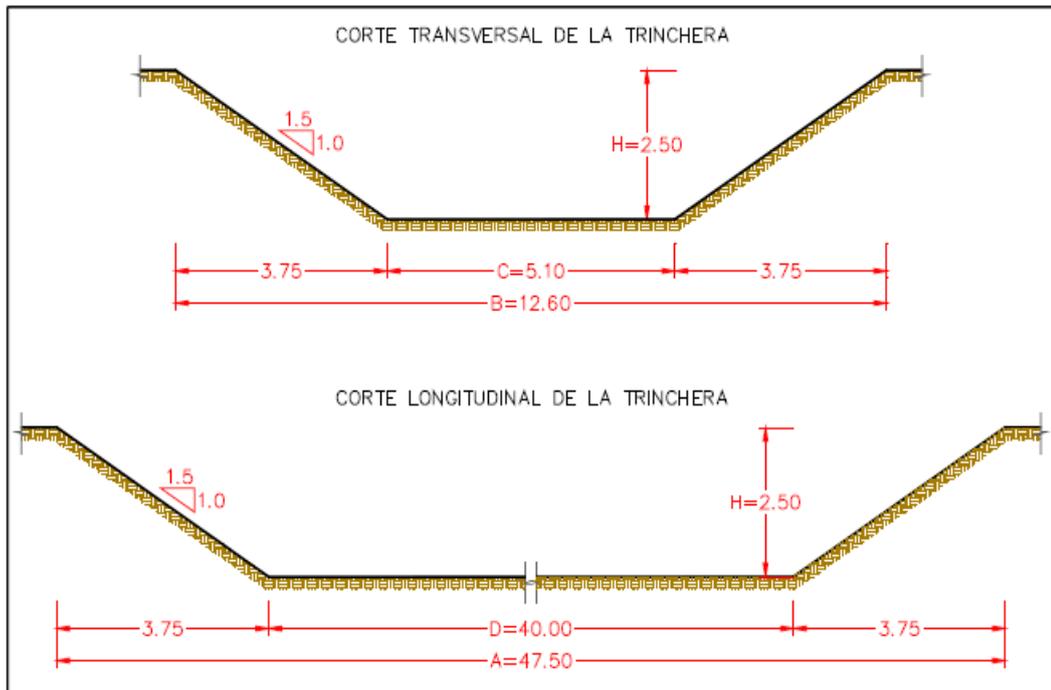
**Fuente:** Guía para diseño y construcción de infraestructura de disposición final de residuos municipales RM N°459-2018-MINAM.

Según las tablas mostrados y el estudio de suelos, se determina que para el tipo de terreno Arcilloso se obtiene un talud de corte 1:1 (V:H) y un talud de relleno 1:1.5 (V:H), con fines de cálculo y la cantidad de movimiento de tierras que existirá en el diseño y construcción del relleno sanitario, se opta por homogenizar la forma de los taludes por el más desfavorable a 1:1.5 (V:H) tanto para corte y relleno.

✓ **Volumen de recepción de las trincheras:** Se debe tener en cuenta que, para el cálculo del volumen de recepción para cada trinchera considerada, debe de satisfacer el volumen a recibir en el relleno sanitario.

Teniendo en cuenta las etapas de construcción, operación y mantenimiento de cada trinchera, el área del terreno para el proyecto y la morfología del terreno, se ha optado que cada trinchera satisfaga el volumen total generado de residuos sólidos por 01 año, en ese sentido, el proyecto contará con 10 trincheras iguales para satisfacer la vida útil (10 años) del relleno sanitario, la cual tendrá las siguientes medidas:

**Figura 10- Dimensiones de la trinchera.**



Fuente: Elaboración Propia.

Reemplazando los valores de las dimensiones del diseño de la trinchera de la imagen en la fórmula, se calcula el siguiente volumen:

$$Volumen = \frac{1}{3} h(a \times b + c \times d + \sqrt{(a \times b) \times (c \times d)})$$

Donde:

- a = Largo de base mayor
- b = Ancho de base mayor
- c = Ancho de base menor
- d = Largo de base menor
- h = Altura

Teniendo en cuenta el volumen útil y los valores de las dimensiones del diseño de la trinchera de la imagen en la fórmula mostrada, se calcula el siguiente volumen:

**Tabla 11 – Calculo de volumen de la trinchera.**

Descripción	Dimensiones					Volumen (m3)
	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)	H(m)	
Trinchera 01	47.50	12.60	5.10	40.00	2.50	959.93

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 11, se obtiene que el volumen calculado 959.93 m3 para cada trinchera, satisface los 956.30 m3 de residuo solido originados por el C.P. Buena Vista en 01 año.

**a.7.- Impermeabilizaciones:** La estructura impermeable de la base del relleno sanitario fue escogida teniendo las siguientes características:

- ✓ El suelo original de la zona es arcilloso.
- ✓ Presencia de agua subterránea a 2.0 m de profundidad.
- ✓ La precipitación máxima pluvial es alta por ubicarse en la sierra.
- ✓ El grado de compactación de los residuos sólidos es de 0.60 t/m3.

Esto nos hace concluir que para la impermeabilización de la base del relleno sanitario se usaran materiales geosintéticos.

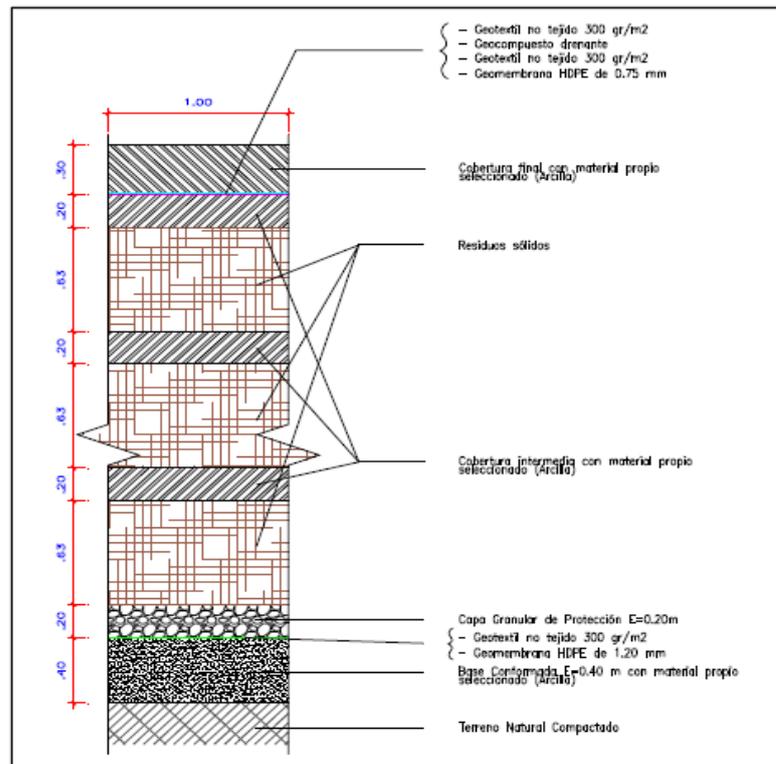
Y según la Guía para Diseño y Construcción de Infraestructura de Disposición Final de Residuos Municipales – RM N°459-2018-MINAM considerando las características y el tipo de material a usar, la tabla 10 muestra la estructura típica de impermeabilización de la base que nos acogeremos por el tipo de relleno sanitario Manual.

**Tabla 12 – Estructura de impermeabilización de la base.**

Tipo de relleno sanitario	Estructura de impermeabilización de la base
Manual	Capa granular de protección (0.20m) Geotextil no tejido 300 g/m2 Geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1.2 mm Superficie de la base conformada: espesor de 0.40m Suelo original luego de corte compactado

Fuente: Guía para diseño y construcción de infraestructura de disposición final de residuos municipales RM N°459-2018-MINAM.

**Figura 11- Composición de la impermeabilización.**



Fuente: Elaboración Propia.

## **B) Configuración de los componentes del relleno sanitario de residuos sólidos**

El relleno sanitario es una instalación sanitaria y ambiental orientada a permitir la disposición controlada de los residuos sólidos; sin embargo, puede generar efectos ambientales y de salud hacia los operadores si no se trabaja en forma adecuada. Por ello, el relleno sanitario del C.P. Buena Vista se ha configurado bajo los siguientes principios básicos que permiten los menores impactos socio-ambientales y cumplir las normas ambientales vigentes:

- ✓ La vida útil del relleno sanitario es de 10 años.
- ✓ Los residuos serán compactados y cubiertos diariamente.
- ✓ El agua de lluvia no se mezclará con los líquidos lixiviados que producen los residuos sólidos.
- ✓ La base se impermeabilizará con geosintéticos para evitar el contacto de los residuos con el suelo y la infiltración de gases y lixiviados hacia el subsuelo.

- ✓ Se construirá un sistema de drenaje de gases y lixiviados hacia la parte externa de tal forma que evitará su acumulación o prevenir la formación de presiones internas que pongan en riesgo la estabilidad física del relleno sanitario.
- ✓ Se incluye un sistema de evacuación de gases para evitar que se acumulen en la masa del relleno.
- ✓ El diseño permitirá la estabilidad física en la etapa constructiva y operativa, con el riesgo mínimo de inestabilidad del terreno o deslizamiento de los residuos.
- ✓ El relleno permite el manejo adecuado del 100% de los lixiviados, evitando su disposición en el ambiente (suelo o agua) sin tratamiento.

**b.1.- Trincheras:** Se habilitará 10 trincheras de las cuales cada una recibirá 01 año de residuos sólidos generados por el C.P. de Buena Vista:

**Figura 12- Ubicación de trincheras.**



Fuente: Elaboración Propia.

**b.2.- Sistema de gestión y manejo de lixiviados:** Como el relleno sanitario se ubica en la sierra, debido a la inevitable caída de agua pluvial directamente a la masa de residuos y a las superficies trabajadas, el volumen de lixiviados que se genera es mayor. Por lo tanto, los lixiviados resultantes tienen menor concentración de carga orgánica y demanda bioquímica de oxígeno, debido al proceso de disolución con el agua de las precipitaciones pluviales.

El sistema de gestión y manejo de lixiviados generados en las trincheras, se considerará lo siguiente:

- ✓ **Drenes longitudinales y transversales:** estas captarán y conducirán los lixiviados, estarán habilitados con piedras de tamaño mediano y tubería perforadas, los drenes longitudinales (4") se instalarán en la parte central de la sección de la trinchera para que posibilite la adecuada infiltración de lixiviados y la conduzca hacia la poza de almacenamiento temporal por medio de tuberías de PVC 6".
- ✓ **Pozas de almacenamiento temporal:** estas pozas serán de concreto impermeabilizadas.
- ✓ Se habilitará una cobertura ligera desmontable para evitar que el agua de las precipitaciones caiga directamente a las trincheras y estructuras.
- ✓ Se construirán zanjas perimetrales para evitar que el agua de escurrimiento pluvial llegue a las trincheras y estructuras.

El volumen de lixiviados está relacionado directamente con la precipitación, y debido a las diferentes condiciones de operación y localización de cada relleno las tasa esperadas pueden variar, es por eso que se usara el siguiente método para calculo.

Para el cálculo del volumen lixiviado se tienen los siguientes datos, y la respectiva formula se muestra el cálculo del caudal medio lixiviado:

- ✓ La precipitación máxima anual del C.P. Buena Vista es 2,000.00 mm.
- ✓ El área de las 10 trincheras es de 5,937.50 m<sup>2</sup>.
- ✓ El coeficiente K, por ser manual el compactado será débil, por lo tanto, se estima el valor de 0.50.

**Tabla 13 – Calculo del volumen lixiviado.**

Descripción	Precipitación (mm)	Área Relleno (m <sup>2</sup> )	T (seg/año)	K	Q (lts/seg)	Q (m <sup>3</sup> /día)
Trinchera 01	2,000.00	593.75	31536000.00	0.50	0.02	1.63

Fuente: Elaboración propia.

**Drenes de lixiviados:** Por las condiciones del terreno y la forma de la trinchera, la distribución de los drenes se colocará en la base del relleno sanitario en forma de espina de pescado.

La sección longitudinal y transversal de los drenes serán de forma trapezoidal tales dimensiones se muestra en el cuadro 15, además estas se ubicarán sobre la capa de protección de la geomembrana. Esta a su vez, serán rellenas en su interior y a lo largo del dren con piedras seleccionadas de 6" a 8" de diámetro.

**Captación de lixiviados:** Para el cálculo de la capacidad volumétrica de la poza, en relación del caudal diario lixiviado, tendremos presente el intervalo de tiempo que será prendido la bomba para recircular el contenido.

Por lo que la poza de concreto tendrá la capacidad de almacenar temporalmente 72.00m<sup>3</sup>, volumen estimado si es que en el caso las 10 trincheras estuviesen en funcionamiento al mismo tiempo y con un factor de seguridad si hubiera filtraciones en las trincheras por las precipitaciones en un solo día.



**Tabla 14 – Sección de drenes.**

<b>Formas y dimensiones de las secciones</b>	<b>Relleno sanitario manual</b>
Sección cuadrada, tipo gavión, habilitación con madera y malla metálica, rellena con piedras de tamaño mediano (5" a 10" de diámetro)	0.40m x 0.40m = 0.16 m <sup>2</sup>

**Fuente: Guía para diseño y construcción de infraestructura de disposición final de residuos municipales RM N°459-2018-MINAM.**

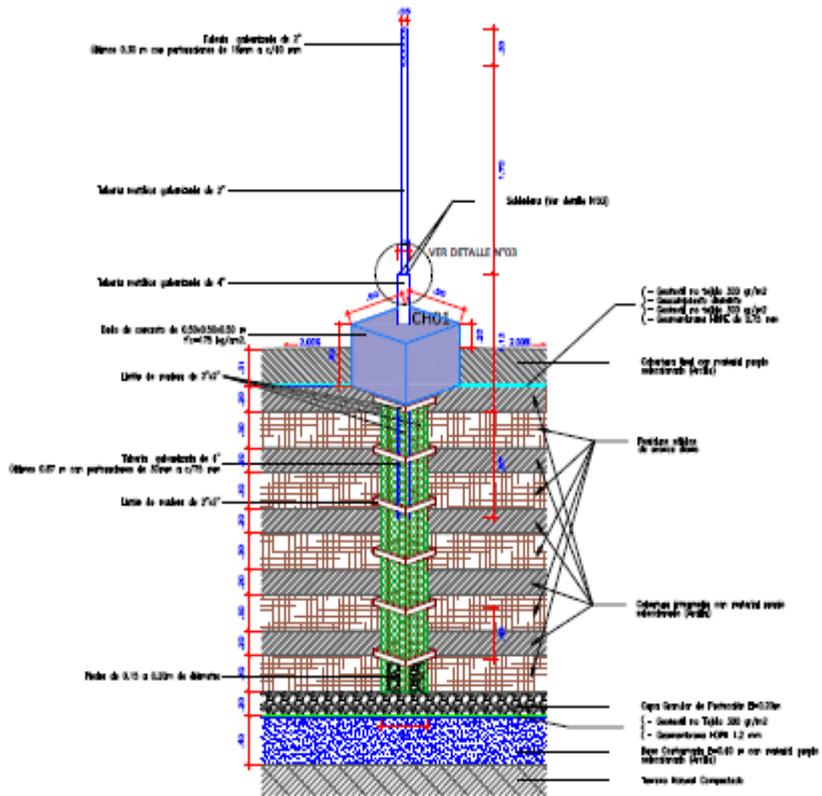
La ubicación y distribución de los drenes verticales para gases en las trincheras estarán separadas cada 15.0 m como indica, por lo que, según las dimensiones de las trincheras, se colocarán 02 drenes verticales por cada una.

**Tabla 15 – Sección de drenes.**

<b>Tipo de relleno sanitario</b>	<b>Distribución de drenes verticales</b>
Manual	Cada 15m (área de influencia = 225 m <sup>2</sup> )

**Fuente: Guía para diseño y construcción de infraestructura de disposición final de residuos municipales RM N°459-2018-MINAM.**

**Figura 14- Drenes de manejo de gases.**



Fuente: Elaboración Propia.

**b.4.- Área administrativa y servicios:** Para la adecuada operación de una infraestructura para disposición final de residuos esta debe contar con las instalaciones administrativas y de servicios dimensionados para el número de personas y a cantidad de actividades que se pree se realizan a lo largo de la vida útil.

Teniendo como premisa las consideraciones antes mencionadas, el presente proyecto contará con las siguientes áreas:

- ✓ Oficinas de administración.
- ✓ Servicios Higiénicos.
- ✓ Zona de estacionamiento para vehículos.
- ✓ Área de compostaje.

### C) Costos de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos

- **Planilla de metrados:** De acuerdo al desarrollo de la planilla de metrados de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos, se presenta en la tabla 16 el resumen de los metrados:

**Tabla 16 – Hoja de resumen de metrados.**

Item	Descripción	Und	Metrado
01	<b>CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA</b>		
1.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M	und	1.00
01.01.02	CAMPAMENTO Y ALMACEN PROVISIONAL DE LA OBRA	glb	1.00
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00
2	<b>VIAS DE ACCESO</b>		
2.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	0.60
02.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	km	0.60
2.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
02.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO	m3	4,421.22
02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CON MAQUINARIA	m3	54.44
02.02.03	NIVELACION Y PERFILADO A NIVEL DE RASANTE	m2	2,380.00
02.02.04	CONFORMACION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	130.00
02.02.05	CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE RODADURA E=15 cm,	m2	357.00
2.03	<b>OBRAS DE ARTE</b>		
02.03.01	<b>BADEN DE CONCRETO A=(6.00 x 4.00)m2</b>		
02.03.01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.03.01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	24.00
02.03.01.01.02	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	24.00
02.03.01.01.03	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	24.00
02.03.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
02.03.01.02.01	EXCAVACION EN ESTRUCTURAS (MANUAL)	m3	9.60
02.03.01.02.02	BASE GRANULAR E = 0.30 m	m2	24.00
02.03.01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DIST. PROM. 30 M	m3	12.48
02.03.01.03	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>		
02.03.01.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN BADEN	m2	4.80
02.03.01.03.02	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2 EN BADEN	m3	5.20
3	<b>EXCAVACIONES MASIVAS</b>		
3.01	<b>CONSTRUCCION DE LA RAZANTE</b>		
03.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	4,368.00
03.01.02	CORTE DE MATERIAL A NIVEL DE RASANTE	m3	4,759.86
03.01.03	CONFORMACION DE DIQUES CON MATERIAL PROPIO	m3	6,133.84
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	4,579.94
4	<b>INFRAESTRUCTURA PARA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS</b>		
4.01	<b>POZA DE RELLENO SANITARIO</b>		
04.01.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	1,007.00
04.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
04.01.02.01	NIVELACION DE SUPERFICIE REMOVIDA (BASE + TALUDES DE CORTE)	m2	1,289.90
04.01.03	<b>IMPERMEABILIZACION DE LA BASE</b>		
04.01.03.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA ANCLAJE	m3	28.00

04.01.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJA DE ANCLAJE	m3	28.00
04.01.03.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO TEXTIL DE APOYO	m2	1,078.17
04.01.03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO MEMBRANA 1.5mm	m2	1,078.17
04.01.03.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO TEXTIL DE COBERTURA	m2	1,078.17
4.02	<b>CONSTRUCCION DE POZA DE LIXIVIADOS</b>		
04.02.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	348.00
04.02.01.02	NIVELACION DE SUPERFICIE REMOVIDA (BASE + TALUDES DE CORTE)	m2	491.00
04.02.02	<b>IMPERMEABILIZACION DE LA BASE</b>		
04.02.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA ANCLAJE DE GEOSINTETICOS	m3	15.00
04.02.02.02	RELLENO CON GRABA EN ZONA DE ANCLAJE	m3	15.00
04.02.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO TEXTIL DE APOYO	m2	344.40
04.02.02.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO MEMBRANA 1.5mm	m2	344.40
04.02.03	<b>CONSTRUCCION DE DRENES PARA LIXIVIADOS</b>		
04.02.03.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	66.00
04.02.03.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA DREN	m3	11.88
04.02.03.03	RELLENO CON GRABA EN DRENES DE LIXIVIADOS	m3	11.88
04.02.04	<b>CONEXION A POZA DE LIXIVIADOS</b>		
04.02.04.01	EXCAVACION DE ZANJA	m3	3.60
04.02.04.02	TUBERIAS PVC SAP DE 4"	m	15.00
04.02.04.03	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	1.20
04.02.04.04	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACION	m3	2.40
04.02.05	<b>COBERTURAS</b>		
04.02.05.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	1.75
04.02.05.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.75
04.02.05.03	CONCRETO f'c=140 kg/cm <sup>2</sup>	m3	1.75
04.02.05.04	COLUMNAS DE ROLLIZO DE EUCALIPTO 3.15m	und	10.00
04.02.05.05	TIJERALES DE MADERA (SEGÚN DISEÑO)	und	5.00
04.02.05.06	CORREAS DE MADERA TORNILLO DE 2" x 4"	m	436.80
04.02.05.07	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	240.00
4.03	<b>CONSTRUCCION DE CANAL PLUVIAL</b>		
04.03.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	68.00
04.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
04.03.02.01	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN TIERRA ( A MANO)	m3	34.00
04.03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	204.00
04.03.02.03	EMPEDRADO DE DRENES	m3	34.00
4.04	<b>CONSTRUCCION DE CHIMENEAS</b>		
04.04.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.32
04.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
04.04.02.01	CHIMENEA DE 0.40 x 0.40 m.	m2	0.32
04.04.03	<b>SUMINISTRO E INSTALACION</b>		
04.04.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE CHIMENEAS	glb	7.00
5	<b>INFRAESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DE SERVICIOS</b>		
5.01	<b>CASETA DE VIGILANCIA Y CONTROL</b>		
05.01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
05.01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	8.75
05.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	8.75
05.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
05.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m3	3.66
05.01.02.02	REFINE, NIVELACION COMPACTACION	m2	9.76
05.01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	3.77
05.01.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
05.01.03.01	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM <sup>2</sup> + 30%	m3	2.38

05.01.03.02	CONCRETO 1:8+25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS	m3	0.45
05.01.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	8.00
05.01.04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
05.01.04.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	1.28
05.01.04.02	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	26.93
05.01.04.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	0.74
05.01.04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11.80
05.01.04.05	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	82.80
05.01.04.06	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	0.71
05.01.04.07	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	11.10
05.01.04.08	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	136.93
05.01.05	<b>ALBAÑILERIA</b>		
05.01.05.01	MUROS DE LADRILLO KK DE ARCILLA DE SOGA	m2	21.40
05.01.06	<b>REVOQUES ENLUCIDOS</b>		
05.01.06.01	TARRAJEO EN EXTERIORES E INTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	57.85
05.01.06.02	VESTIDURA DE DERRAMES EN PUERTAS, VENTANAS Y VANOS	m	17.20
05.01.07	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		
05.01.07.01	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS Y VEREDAS	m2	9.49
05.01.07.02	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	9.49
05.01.08	<b>ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS</b>		
05.01.08.01	ZOCALO DE CEMENTO PULIDO CON MORTERO 1:5 DE 2CMX0.20 H=0	m	10.75
05.01.08.02	CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO CON MORTERO 1:5	m	8.90
05.01.09	<b>CUBIERTA</b>		
05.01.09.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	10.73
05.01.10	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>		
05.01.10.01	VIGUETA DE MADERA DE 4"x 5"	m	5.80
05.01.10.02	CORREAS DE MADERA 2"x4"	m	18.50
05.01.10.03	PUERTA DE MADERA APANELADA	und	1.00
05.01.10.04	VENTANA DE MADERA CEDRO CON HOJAS	m2	1.00
05.01.11	<b>VIDRIOS Y CRISTALES</b>		
05.01.11.01	VIDRIO INCOLORO, CRUDO SEMIDOBLE COLOCADO	p2	2.70
05.01.12	<b>PINTURAS</b>		
05.01.12.01	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES, 2 MANOS	m2	76.09
5.02	<b>ALMACEN DE HERRAMIENTAS</b>		
05.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
05.02.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	30.24
05.02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	30.24
05.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
05.02.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m3	5.42
05.02.02.02	REFINE, NIVELACION COMPACTACION	m2	26.93
05.02.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	5.42
05.02.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
05.02.03.01	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30%	m3	5.42
05.02.03.02	CONCRETO 1:8+25% P.M. PARA SOBRECIMIENTOS	m3	1.31
05.02.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	24.32
05.02.04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
05.02.04.01	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	1.11
05.02.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	14.76
05.02.04.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	152.03
05.02.05	<b>ALBAÑILERIA</b>		
05.02.05.01	MUROS DE LADRILLO KK DE ARCILLA DE SOGA	m2	55.55
05.02.06	<b>REVOQUES ENLUCIDOS</b>		
05.02.06.01	TARRAJEO COLUMNAS	m2	14.76
05.02.06.02	VESTIDURA DE DERRAMES EN PUERTAS, VENTANAS Y VANOS	m	26.30
05.02.07	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		

05.02.07.01	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	50.29
05.02.08	<b>ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS</b>		
05.02.08.01	ZOCALO DE CEMENTO PULIDO CON MORTERO 1:5 DE 2CMX0.20 H=0	m	39.90
05.02.09	<b>CUBIERTA</b>		
05.02.09.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	39.00
05.02.10	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>		
05.02.10.01	VIGUETA DE MADERA DE 4"x 6" (VIGA CENTRAL)	m	8.50
05.02.10.02	VIGAS DE MADERA 2"x3"x3m.	und	14.00
05.02.10.03	CORREAS DE MADERA 2"X1"X3m	und	30.00
05.02.10.04	PUERTA DE MADERA APANELADA	m2	2.40
05.02.10.05	PUERTA CONTRAPLACADA	m2	1.89
05.02.11	<b>CARPINTERIA METALICA</b>		
05.02.11.01	VENTANA DE FIERRO C/PERFIL DE 1"X1/8"+HOJA BAST."L"3/4"	m2	3.36
05.02.12	<b>VIDRIOS Y CRISTALES</b>		
05.02.12.01	VIDRIO INCOLORO, CRUDO SEMIDOBLE COLOCADO	m2	3.36
6	<b>AREA DE COMPOSTAJE</b>		
6.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
06.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	56.25
06.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	56.25
6.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
06.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	1.80
06.02.02	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	38.25
06.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.00
6.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
06.03.01	CONCRETO CICLOPEO f'c=140 kg/cm2 40% PM	m3	1.80
06.03.02	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	2.28
06.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	9.60
6.04	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>		
06.04.01	COLUMNA DE MADERA 4"X4" X 3.5mts.	und	23.40
06.04.02	VIGUETA DE MADERA DE 2"x 3"x 3.75mts	und	18.00
06.04.03	CORREAS DE MADERA 2"x 2"x3.25mts.	und	71.50
6.05	<b>CUBIERTA</b>		
06.05.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	56.25
7	<b>AREA DE REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS</b>		
7.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
07.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	121.00
07.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	121.00
7.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
07.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	3.00
07.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	3.00
07.02.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	121.00
7.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
07.03.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	3.00
07.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	13.20
7.04	<b>ESTRUCTURA DE MADERA</b>		
07.04.01	COLUMNA DE MADERA 8"X8".	m	42.00
07.04.02	VIGA TEMPLADOR DE MADERA DE 2"X6"	m	84.00
07.04.03	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2"X2"	m	240.00
07.04.04	TIJERAL DE MADERA T-1	und	4.00
7.05	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		
07.05.01	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS Y VEREDAS	m2	121.00
07.05.02	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	121.00
7.06	<b>COBERTURA</b>		
07.06.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	169.20
8	<b>AREA DE REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS</b>		

8.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
08.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	121.00
08.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	121.00
8.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
08.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	3.00
08.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	3.00
08.02.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	121.00
8.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
08.03.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	3.00
08.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	13.20
8.04	<b>ESTRUCTURA DE MADERA</b>		
08.04.01	COLUMNA DE MADERA 8"X8".	m	42.00
08.04.02	TABIQUERIA	m	32.10
08.04.03	VIGA TEMPLADOR DE MADERA DE 2"X6"	m	84.00
08.04.04	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2"X2"	m	240.00
08.04.05	TIJERAL DE MADERA T-1	und	4.00
8.05	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		
08.05.01	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS Y VEREDAS	m2	121.00
08.05.02	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	121.00
8.06	<b>COBERTURA</b>		
08.06.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	169.20
9	<b>LETRINA ECOLOGICA</b>		
9.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
09.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	4.84
09.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	4.84
9.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
09.02.01	EXCAVACION PARA LETRINA	m3	1.80
09.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	1.80
9.03	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
09.03.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	0.09
09.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	1.21
09.03.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	7.28
9.04	<b>ESTRUCTURA DE MADERA</b>		
09.04.01	COLUMNA DE MADERA 3" x 3" x 10	m	13.00
09.04.02	TRONCO DE MADERA Ø 6"	m	8.00
09.04.03	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2" x 3" x 10	m	4.40
09.04.04	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2" x 2" x 10	m	7.80
9.05	<b>PUERTA CON MARCO DE MADERA S/DISEÑO</b>		
09.05.01	PUERTA SEGUN DISEÑO	und	1.00
9.06	<b>VENTILACION</b>		
09.06.01	TUBO DE VENTILACION PVC Ø 4"	m	2.87
09.06.02	SOMBRETO DE VENTILACION Ø 4"	und	1.00
9.07	<b>COBERTURA</b>		
09.07.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	5.55
10	<b>CERCO DE PROTECCION (L=270M)</b>		
10.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
10.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	268.00
10.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	268.00
10.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
10.02.01	EXCAVACION EN TERRENO NORMAL	m3	18.01
10.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA A 30M	m3	18.01
10.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
10.03.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=175+ 30% DE PM	m3	9.88
10.04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
10.04.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	0.65

10.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	2.88
10.04.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	33.39
10.05	<b>SUMINISTRO DE CERCO CON MALLA OLIMPICA COCADA CON POSTES DE TUBO NEGRO</b>		
10.05.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBO DE FIERRO NEGRO DE 2"	m	474.42
10.05.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLAS COCADAS GALVANIZADAS	m2	570.96
10.05.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PERFIL "L" 2"x2"x1/8"	m	977.22
10.05.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE ALAMBRE DE PUAS PARA CERCO	m	810.00
10.06	<b>PUERTA PARA CERCO PERIMETRICO CON MALLA COCADA</b>		
10.06.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLAS COCADAS GALVANIZADAS	m2	8.40
10.06.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BISAGRAS PARA SOLDAR	und	6.00
10.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CERROJO S/DISEÑO	und	1.00
11	<b>MITIGACION AMBIENTAL</b>		
11.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00
12	<b>FLETE TERRESTRE</b>		
12.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00
13	<b>EQUIPAMIENTO</b>		
13.01	MOTOCARGA MOTOR 300 CC	und	1.00
13.02	TACHOS PARA BASURA	und	24.00
14	<b>PRUEBAS DE CALIDAD</b>		
14.01	PRUEBA DE DISEÑO DE MEZCLA	glb	1.00
14.02	PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	und	12.00
15	<b>CAPACITACION Y SENSIBILIZACION</b>		
15.01	CAPACITACION	glb	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

- **Análisis de costos unitarios:** De acuerdo al desarrollo de la incidencia de la mano de obra, materiales y/o insumos, herramientas y equipos de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos, se presenta en la tabla 17 los costos unitarios de cada partida:

**Tabla 17 – Costo unitario por partida.**

Item	Descripción	Und	Precio S/.
01	<b>CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA</b>		
1.01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>		
01.01.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60X2.40M	und	491.37
01.01.02	CAMPAMENTO Y ALMACEN PROVISIONAL DE LA OBRA	glb	269.16
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1,500.00
2	<b>VIAS DE ACCESO</b>		
2.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	643.57
02.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	km	319.56
2.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
02.02.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO CON EQUIPO	m3	1.99
02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO CON MAQUINARIA	m3	2.75
02.02.03	NIVELACION Y PERFILADO A NIVEL DE RASANTE	m2	1.47
02.02.04	CONFORMACION DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	m	0.81
02.02.05	CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE RODADURA E=15 cm,	m2	30.97

2.03	<b>OBRAS DE ARTE</b>		
02.03.01	<b>BADEN DE CONCRETO A=(6.00 x 4.00)m<sup>2</sup></b>		
02.03.01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
02.03.01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
02.03.01.01.02	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	0.97
02.03.01.01.03	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	0.97
02.03.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
02.03.01.02.01	EXCAVACION EN ESTRUCTURAS (MANUAL)	m3	16.62
02.03.01.02.02	BASE GRANULAR E = 0.30 m	m2	12.92
02.03.01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DIST. PROM. 30 M	m3	8.31
02.03.01.03	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>		
02.03.01.03.01	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN BADEN	m2	25.45
02.03.01.03.02	CONCRETO f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> EN BADEN	m3	405.59
3	<b>EXCAVACIONES MASIVAS</b>		
3.01	<b>CONSTRUCCION DE LA RAZANTE</b>		
03.01.01	TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	0.97
03.01.02	CORTE DE MATERIAL A NIVEL DE RASANTE	m3	1.87
03.01.03	CONFORMACION DE DIQUES CON MATERIAL PROPIO	m3	1.41
03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
4	<b>INFRAESTRUCTURA PARA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS</b>		
4.01	<b>POZA DE RELLENO SANITARIO</b>		
04.01.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.01.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
04.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
04.01.02.01	NIVELACION DE SUPERFICIE REMOVIDA (BASE + TALUDES DE CORTE)	m2	3.33
04.01.03	<b>IMPERMEABILIZACION DE LA BASE</b>		
04.01.03.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA ANCLAJE	m3	14.54
04.01.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO EN ZANJA DE ANCLAJE	m3	1.82
04.01.03.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO TEXTIL DE APOYO	m2	15.85
04.01.03.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO MEMBRANA 1.5mm	m2	16.38
04.01.03.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO TEXTIL DE COBERTURA	m2	15.85
4.02	<b>CONSTRUCCION DE POZA DE LIXIVIADOS</b>		
04.02.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.02.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
04.02.01.02	NIVELACION DE SUPERFICIE REMOVIDA (BASE + TALUDES DE CORTE)	m2	3.33
04.02.02	<b>IMPERMEABILIZACION DE LA BASE</b>		
04.02.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA ANCLAJE DE GEOSINTETICOS	m3	16.62
04.02.02.02	RELLENO CON GRABA EN ZONA DE ANCLAJE	m3	56.27
04.02.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO TEXTIL DE APOYO	m2	15.85
04.02.02.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEO MEMBRANA 1.5mm	m2	16.38
04.02.03	<b>CONSTRUCCION DE DRENES PARA LIXIVIADOS</b>		
04.02.03.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
04.02.03.02	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA DREN	m3	16.62
04.02.03.03	RELLENO CON GRABA EN DRENES DE LIXIVIADOS	m3	56.27
04.02.04	<b>CONEXION A POZA DE LIXIVIADOS</b>		
04.02.04.01	EXCAVACION DE ZANJA	m3	16.95
04.02.04.02	TUBERIAS PVC SAP DE 4"	m	9.37
04.02.04.03	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m3	16.97
04.02.04.04	RELLENO DE ZANJA CON MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACION	m3	14.13
04.02.05	<b>COBERTURAS</b>		
04.02.05.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	16.95
04.02.05.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33

04.02.05.03	CONCRETO f'c=140 kg/cm2	m3	290.5
04.02.05.04	COLUMNAS DE ROLLIZO DE EUCALIPTO 3.15m	und	58.99
04.02.05.05	TIJERALES DE MADERA (SEGÚN DISEÑO)	und	907.49
04.02.05.06	CORREAS DE MADERA TORNILLO DE 2" x 4"	m	4.37
04.02.05.07	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
4.03	<b>CONSTRUCCION DE CANAL PLUVIAL</b>		
04.03.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.03.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
04.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
04.03.02.01	EXCAVACION DE CAJA DE CANAL EN TIERRA ( A MANO)	m3	16.62
04.03.02.02	REFINE Y NIVELACION EN TERRENO NORMAL	m2	2.02
04.03.02.03	EMPEDRADO DE DRENES	m3	23.92
4.04	<b>CONSTRUCCION DE CHIMENEAS</b>		
04.04.01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>		
04.04.01.01	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
04.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
04.04.02.01	CHIMENEA DE 0.40 x 0.40 m.	m2	150
04.04.03	<b>SUMINISTRO E INSTALACION</b>		
04.04.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE CHIMENEAS	glb	200
5	<b>INFRAESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DE SERVICIOS</b>		
5.01	<b>CASETA DE VIGILANCIA Y CONTROL</b>		
05.01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
05.01.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
05.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
05.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
05.01.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m3	16.62
05.01.02.02	REFINE, NIVELACION COMPACTACION	m2	3.24
05.01.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
05.01.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
05.01.03.01	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30%	m3	261.31
05.01.03.02	CONCRETO 1:8+25% P.M. PARA SOBRECIMENTOS	m3	236.4
05.01.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
05.01.04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
05.01.04.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	354.36
05.01.04.02	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	4.59
05.01.04.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	405.59
05.01.04.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
05.01.04.05	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	4.59
05.01.04.06	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	405.59
05.01.04.07	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
05.01.04.08	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	4.59
05.01.05	<b>ALBAÑILERIA</b>		
05.01.05.01	MUROS DE LADRILLO KK DE ARCILLA DE SOGA	m2	68.83
05.01.06	<b>REVOQUES ENLUCIDOS</b>		
05.01.06.01	TARRAJEO EN EXTERIORES E INTERIORES CON CEMENTO-ARENA	m2	27.99
05.01.06.02	VESTIDURA DE DERRAMES EN PUERTAS, VENTANAS Y VANOS	m	9.06
05.01.07	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		
05.01.07.01	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS Y VEREDAS	m2	7.46
05.01.07.02	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	42.16
05.01.08	<b>ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS</b>		
05.01.08.01	ZOCALO DE CEMENTO PULIDO CON MORTERO 1:5 DE 2CMX0.20 H=0	m	8.6
05.01.08.02	CONTRAZOCALO DE CEMENTO PULIDO CON MORTERO 1:5	m	8.6

05.01.09	<b>CUBIERTA</b>		
05.01.09.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
05.01.10	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>		
05.01.10.01	VIGUETA DE MADERA DE 4"x 5"	m	42.71
05.01.10.02	CORREAS DE MADERA 2"x4"	m	4.37
05.01.10.03	PUERTA DE MADERA APANELADA	und	306.95
05.01.10.04	VENTANA DE MADERA CEDRO CON HOJAS	m2	158.24
05.01.11	<b>VIDRIOS Y CRISTALES</b>		
05.01.11.01	VIDRIO INCOLORO, CRUDO SEMIDOBLE COLOCADO	p2	28.49
05.01.12	<b>PINTURAS</b>		
05.01.12.01	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES Y EXTERIORES, 2 MANOS	m2	10.33
5.02	<b>ALMACEN DE HERRAMIENTAS</b>		
05.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
05.02.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
05.02.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
05.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
05.02.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS CORRIDOS	m3	16.62
05.02.02.02	REFINE, NIVELACION COMPACTACION	m2	3.24
05.02.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
05.02.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
05.02.03.01	CIMIENTO CORRIDO, CONCRETO CICLOPEO FC=140KG/CM2 + 30%	m3	261.31
05.02.03.02	CONCRETO 1:8+25% P.M. PARA SOBRECIMENTOS	m3	236.4
05.02.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
05.02.04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
05.02.04.01	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	405.59
05.02.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
05.02.04.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	4.59
05.02.05	<b>ALBAÑILERIA</b>		
05.02.05.01	MUROS DE LADRILLO KK DE ARCILLA DE SOGA	m2	68.83
05.02.06	<b>REVOQUES ENLUCIDOS</b>		
05.02.06.01	TARRAJEO COLUMNAS	m2	18.41
05.02.06.02	VESTIDURA DE DERRAMES EN PUERTAS, VENTANAS Y VANOS	m	9.06
05.02.07	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		
05.02.07.01	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	42.16
05.02.08	<b>ZOCALOS Y CONTRAZOCALOS</b>		
05.02.08.01	ZOCALO DE CEMENTO PULIDO CON MORTERO 1:5 DE 2CMX0.20 H=0	m	8.6
05.02.09	<b>CUBIERTA</b>		
05.02.09.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
05.02.10	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>		
05.02.10.01	VIGUETA DE MADERA DE 4"x 6" (VIGA CENTRAL)	m	11.49
05.02.10.02	VIGAS DE MADERA 2"x3"x3m.	und	22.71
05.02.10.03	CORREAS DE MADERA 2"x1"x3m	und	36.37
05.02.10.04	PUERTA DE MADERA APANELADA	m2	306.95
05.02.10.05	PUERTA CONTRAPLACADA	m2	276.95
05.02.11	<b>CARPINTERIA METALICA</b>		
05.02.11.01	VENTANA DE FIERRO C/PERFIL DE 1"X1/8"+HOJA BAST."L"3/4"	m2	156.86
05.02.12	<b>VIDRIOS Y CRISTALES</b>		
05.02.12.01	VIDRIO INCOLORO, CRUDO SEMIDOBLE COLOCADO	m2	28.49
6	<b>AREA DE COMPOSTAJE</b>		
6.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
06.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
06.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85

6.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
06.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	16.95
06.02.02	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	1.49
06.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
6.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
06.03.01	CONCRETO CICLOPEO f'c=140 kg/cm2 40% PM	m3	156
06.03.02	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	354.36
06.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
6.04	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>		
06.04.01	COLUMNA DE MADERA 4"X4" X 3.5mts.	und	27.71
06.04.02	VIGUETA DE MADERA DE 2"x 3"x 3.75mts	und	26.71
06.04.03	CORREAS DE MADERA 2"x 2"x3.25mts.	und	46.12
6.05	<b>CUBIERTA</b>		
06.05.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
7	<b>AREA DE REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS</b>		
7.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
07.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
07.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
7.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
07.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	16.95
07.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
07.02.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	3.24
7.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
07.03.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	354.36
07.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
7.04	<b>ESTRUCTURA DE MADERA</b>		
07.04.01	COLUMNA DE MADERA 8"X8".	m	36.43
07.04.02	VIGA TEMPLADOR DE MADERA DE 2"X6"	m	29
07.04.03	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2"X2"	m	26
07.04.04	TIJERAL DE MADERA T-1	und	141.87
7.05	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		
07.05.01	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS Y VEREDAS	m2	7.46
07.05.02	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	42.16
7.06	<b>COBERTURA</b>		
07.06.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
8	<b>AREA DE REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS</b>		
8.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
08.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
08.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
8.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
08.02.01	EXCAVACION DE ZANJAS PARA ZAPATAS	m3	16.95
08.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
08.02.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO	m2	3.24
8.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
08.03.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	354.36
08.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	37.58
8.04	<b>ESTRUCTURA DE MADERA</b>		
08.04.01	COLUMNA DE MADERA 8"X8".	m	36.43
08.04.02	TABIQUERIA	m	60
08.04.03	VIGA TEMPLADOR DE MADERA DE 2"X6"	m	29
08.04.04	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2"X2"	m	26
08.04.05	TIJERAL DE MADERA T-1	und	141.87
8.05	<b>PISOS Y PAVIMENTOS</b>		

08.05.01	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS Y VEREDAS	m2	7.46
08.05.02	PISO DE 4" CONCRETO F'C 140 KG/CM2 X 4 CM.+ PULIDO 1:2 X 1CM	m2	42.16
8.06	<b>COBERTURA</b>		
08.06.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
9	<b>LETRINA ECOLOGICA</b>		
9.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
09.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
09.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
9.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
09.02.01	EXCAVACION PARA LETRINA	m3	14.54
09.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	2.33
9.03	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
09.03.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	354.36
09.03.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	m2	37.58
09.03.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	4.59
9.04	<b>ESTRUCTURA DE MADERA</b>		
09.04.01	COLUMNA DE MADERA 3" x 3" x 10	m	27.71
09.04.02	TRONCO DE MADERA Ø 6"	m	30.71
09.04.03	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2" x 3" x 10	m	19.57
09.04.04	VIGA CORREAS DE MADERA DE 2" x 2" x 10	m	18.57
9.05	<b>PUERTA CON MARCO DE MADERA S/DISEÑO</b>		
09.05.01	PUERTA SEGUN DISEÑO	und	116.95
9.06	<b>VENTILACION</b>		
09.06.01	TUBO DE VENTILACION PVC Ø 4"	m	90.57
09.06.02	SOMBRETO DE VENTILACION Ø 4"	und	22.65
9.07	<b>COBERTURA</b>		
09.07.01	CUBIERTA CON CALAMINA GALBANIZADA	m2	31.86
10	<b>CERCO DE PROTECCION (L=270M)</b>		
10.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
10.01.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m2	3.33
10.01.02	TRAZO Y REPLANTEO	m2	0.85
10.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
10.02.01	EXCAVACION EN TERRENO NORMAL	m3	14.54
10.02.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA A 30M	m3	11.64
10.03	<b>CONCRETO SIMPLE</b>		
10.03.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=175+ 30% DE PM	m3	289.94
10.04	<b>CONCRETO ARMADO</b>		
10.04.01	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3	354.36
10.04.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO	m2	37.58
10.04.03	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	4.59
10.05	<b>SUMINISTRO DE CERCO CON MALLA OLIMPICA COCADA CON POSTES DE TUBO NEGRO</b>		
10.05.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBO DE FIERRO NEGRO DE 2"	m	18.6
10.05.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLAS COCADAS GALVANIZADAS	m2	15.72
10.05.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PERFIL "L" 2"x2"x1/8"	m	13.1
10.05.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE ALAMBRE DE PUAS PARA CERCO	m	5.04
10.06	<b>PUERTA PARA CERCO PERIMETRICO CON MALLA COCADA</b>		
10.06.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE MALLAS COCADAS GALVANIZADAS	m2	32.37
10.06.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BISAGRAS PARA SOLDAR	und	25.19
10.06.03	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CERROJO S/DISEÑO	und	25.69
11	<b>MITIGACION AMBIENTAL</b>		
11.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	glb	2,000.00
12	<b>FLETE TERRESTRE</b>		

12.01	FLETE TERRESTRE	glb	2,785.80
13	<b>EQUIPAMIENTO</b>		
13.01	MOTOCARGA MOTOR 300 CC	und	7,000.00
13.02	TACHOS PARA BASURA	und	65
14	<b>PRUEBAS DE CALIDAD</b>		
14.01	PRUEBA DE DISEÑO DE MEZCLA	glb	350
14.02	PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	und	25
15	<b>CAPACITACION Y SENSIBILIZACION</b>		
15.01	CAPACITACION	glb	2,500.00

Fuente: Elaboración Propia.

- **Presupuesto:** Teniendo en consideración la planilla de metrados y los costos unitarios de cada partida que intervienen en el proceso de construcción del muro gavión, se presenta en la tabla 18 el presupuesto que implica la construcción del sistema de alcantarillado:

**Tabla 18 – Presupuesto del relleno sanitario.**

Ítem	Descripción	Parcial S/.
01	CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA	2,260.53
2	VIAS DE ACCESO	27,117.06
3	EXCAVACIONES MASIVAS	32,457.87
4	INFRAESTRUCTURA PARA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS	91,271.07
5	INFRAESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y DE SERVICIOS	26,175.67
6	AREA DE COMPOSTAJE	7,993.36
7	AREA DE REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	24,683.07
8	AREA DE REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS	26,609.07
9	LETRINA ECOLOGICA	1,574.60
10	CERCO DE PROTECCION (L=270M)	40,080.60
11	MITIGACION AMBIENTAL	2,000.00
12	FLETE TERRESTRE	2,785.80
13	EQUIPAMIENTO	8,560.00
14	PRUEBAS DE CALIDAD	650
15	CAPACITACION Y SENSIBILIZACION	2,500.00
<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>296,718.70</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados específicos

A. Los criterios de diseño se basan tomando en cuenta las pautas normativas y legales técnicas, dichos criterios son los siguientes:

**a.1.- Tipos de rellenos sanitarios:** Para nuestro caso, por las características climáticas y del terreno, se tomará como clasificación el tipo de relleno sanitario manual.

**a.2.- Definición del método a emplear para la disposición final de residuos sólidos:** Existen tres tipos de métodos constructivos: trinchera, área o mixto, para la definición del método constructivo del relleno sanitario de esta localidad se optó por Trinchera o zanja.

**a.3.- Cálculo de la cantidad de residuos a disponer:** De acuerdo al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos del C.P. Buena Vista, donde se determinó que la generación total de residuos sólidos es de 5.115 t/día, que se muestra en la siguiente tabla:

**a.4.- Cálculo de la capacidad útil requerida:**

Teniendo en cuenta los datos requeridos para el cálculo de la capacidad útil requerida del relleno sanitario, la cantidad total de residuos sólidos se muestran en la tabla 08, la densidad aproximada del residuo sólido será de 0.6 t/m<sup>3</sup> y el volumen de material de cobertura se asumirá el 20% del volumen total de los residuos sólidos.

**a.5.- Estimación de vida útil:** De acuerdo al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, la estimación de vida útil del área de disposición final de los residuos sólidos, se estima que:

1. A nivel de trincheras: 10 meses
2. A nivel de asignación de área: 28 meses

La estimación realizada puede variar en un intervalo de 0.5 % en función a los datos comparativos.

Si los procesos de disposición de los residuos sólidos son valorizados en el proceso de segregación en la fuente, tanto los orgánicos como los inorgánicos, de acuerdo a la ponderación del tiempo de vida del área de disposición de los residuos sólidos se optimizará hasta en un 25% de vida útil más en función a las estimaciones de las diferentes metodologías a implementar.

**a.6.- Cálculo de los volúmenes de recepción:** Teniendo en cuenta las etapas de construcción, operación y mantenimiento de cada trinchera, el área del terreno para el proyecto y la morfología del terreno, se ha optado que cada trinchera satisfaga el volumen total generado de residuos sólidos por 01 año, en ese sentido, el proyecto contará con 10 trincheras iguales para satisfacer la vida útil (10 años) del relleno sanitario, se obtiene que el volumen calculado 959.93 m<sup>3</sup> para cada trinchera, satisface los 956.30 m<sup>3</sup> de residuo sólido originados por el C.P. Buena Vista en 01 año.

**a.7.- Impermeabilizaciones:** La estructura impermeable de la base del relleno sanitario fue escogida teniendo las siguientes características:

- ✓ El suelo original de la zona es arcilloso.
- ✓ Presencia de agua subterránea a 2.0 m de profundidad.
- ✓ La precipitación máxima pluvial es alta por ubicarse en la sierra.
- ✓ El grado de compactación de los residuos sólidos es de 0.60 t/m<sup>3</sup>.

B. La presente investigación presenta la siguiente configuración de los componentes del relleno sanitario, se describe el aspecto técnico:

- ✓ **construcción de la infraestructura:** Cartel de obra 2.40x4.80m, almacén y caseta de guardianía, baños químicos, campamento y almacén provisional de la obra y movilización y desmovilización de equipos y maquinarias.
- ✓ **vías de acceso:** Se realizará el trazo y replanteo preliminar, nivelación y replanteo durante el proceso, corte de material suelto con equipo, relleno con material propio, nivelación y perfilado,

conformación de cunetas, compactación de capa de rodadura  $e=15$  cm, se construirá un badén de 6 x 4 m.

- ✓ **excavación masiva:** Trazo y replanteo, corte de material suelto a nivel de rasante, relleno con material propio, eliminación de material excedente.
- ✓ **infraestructura para disposición final de residuos sólidos:** Poza de relleno sanitario, poza de lixiviados, construcción de canal pluvial, construcción de chimeneas.
- ✓ **infraestructura administrativa y de servicios:** Caseta de vigilancia y control, almacén de herramientas.
- ✓ **área de compostaje:** Consta de trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, carpintería de madera, cubierta con calamina galvanizada
- ✓ **área de reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos:** Limpieza de terreno manual trazo y replanteo, movimiento de tierras excavación y eliminación de material excedente, concreto simple de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, encofrado y desencofrado, columnas de madera, viga correa de madera, tijeral, afirmado, piso de concreto y cobertura.
- ✓ **área de reaprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos:** Limpieza de terreno manual trazo y replanteo, movimiento de tierras excavación y eliminación de material excedente, concreto simple de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, encofrado y desencofrado, columnas de madera, viga correa de madera, tijeral, afirmado, piso de concreto y cobertura.
- ✓ **letrina ecológica:** Limpieza de terreno manual, trazo y replanteo, excavación para letrina, eliminación de material excedente, concreto  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>, encofrado y desencofrado, acero de refuerzo  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>, estructura de madera, puerta con marco de madera según diseño, ventilación de tupo de 4" y cobertura de calamina galvanizada
- ✓ **cercos de protección (L=270M):** Limpieza de terreno manual, trazo y replanteo, excavación en terreno normal, eliminación de material

excedente, concreto ciclópeo F'C=175+ 30% DE PM, CONCRETO f'c=175 kg/cm<sup>2</sup>, encofrado y desencofrado, acero de refuerzo, suministro y colocado con malla olímpica cocada con postes de tubo negro de 2 “, puerta con malla cocada según diseño.

- ✓ **mitigación ambiental:** En esta partida se realizará el riego para evitar el levantamiento de polvo y la remisión del suelo compactado debido al tránsito
- ✓ **flete terrestre:** En esta partida se realizará el traslado de materiales herramientas y demás que se necesitan hacia el almacén de obra.
- ✓ **equipamiento:** En esta partida se realizará la compra de una moto carga de 300cc para la recolección y traslado de los residuos sólidos, En esta partida se realizará la compra de tachos de basura según diseño donde 12 tachos serán para almacenar residuos orgánicos y 12 para almacenar residuos inorgánicos, los tachos tendrán los colores respectivos que indicaran para que fin es.
- ✓ **pruebas de calidad:** En esta partida se realizará las pruebas de rotura de probeta
- ✓ **capacitación y sensibilización:** En esta partida se realizará las capacitación y sensibilización del proyecto.

C. Para determinar el costo de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos, se tuvo como primer paso el de realizar la cuantificación de los metrados de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades y finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metrado con sus respectivo costo unitario, se logró determinar que el costo de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos es de S/ 296,718.70 (Doscientos Noventa y Seis Mil Setecientos Dieciocho con 70/100 soles).

## CONCLUSIONES

- A. Los criterios de diseño se basan tomando en cuenta las pautas normativas y legales técnicas, dichos criterios son los siguientes: selección del tipo de rellenos sanitarios, definición del método a emplear para la disposición final de residuos sólidos, cálculo de la cantidad de residuos a disponer, cálculo de la capacidad útil requerida, estimación de vida útil, cálculo de los volúmenes de recepción y las impermeabilizaciones.
- B. La presente investigación presenta la siguiente configuración de los componentes del relleno sanitario: construcción de la infraestructura, vías de acceso, excavación masiva, infraestructura para disposición final de residuos sólidos (Poza de relleno sanitario, poza de lixiviados, construcción de canal pluvial, construcción de chimeneas), infraestructura administrativa y de servicios (Caseta de vigilancia y control, almacén de herramientas), área de compostaje, área de reaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, área de reaprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos, letrina ecológica, cerco de protección, mitigación ambiental, equipamiento y capacitación y sensibilización.
- C. El costo de construcción del relleno sanitario de residuos sólidos para el C.P. Buena Vista del distrito de Anta, es de S/ 296,718.70 (Doscientos Noventa y Seis Mil Setecientos Dieciocho con 70/100 soles).

## RECOMENDACIONES

1. Dadas las características de los residuos sólidos del C.P. Buena Vista del distrito de Anta, se sugiere dar inicio al desarrollo de un plan de manejo integral de residuos sólidos, que contemple el diseño de las rutas de recolección, educación y concientización ambiental.
2. Para la construcción del relleno sanitario de los residuos sólidos, se sugiere a las autoridades pertinentes gestionar ante los entes responsables los siguientes documentos técnicos legales: Constancia de vulnerabilidad a riesgos naturales del sitio de materia de selección, Documentos que especifique si las áreas seleccionadas no se encuentren cerca de áreas naturales protegidas, Documento expedida por INC que acredite la no existencia de restos arqueológicos, Un Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).
3. Se recomienda realizar el diagnostico basado en los parámetros del marco normativo ya establecido, con datos de campo y verídicos de la población donde se pretende realizar estudios para el planteamiento y construcción de rellenos sanitarios de residuos sólidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, N. A. (2007). Modelo de gestión integral de rellenos sanitarios manuales, para poblaciones entre 15.000 y 30.000 habitantes en el Ecuador. Tesis de maestría, Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/451/1/TESIS%20NELSON%20BENAVIDES..p>
- Bernache, G. (2012). Riesgo De Contaminación Por Disposición Final De Residuos. Un Estudio De La Región Centro Occidente De México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28 Sup., (1), 97–105. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a14.pdf>
- Cantanhede, A., Monge, G., & Sandoval, L. (2006). Procedimientos Estadísticos Para Los Estudios De Caracterización De Residuos Sólidos. *Aidis*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- CEPIS. (1997). Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Lima. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chambillo, H. Y. (2017). Análisis costo/beneficio e impacto ambiental de la ampliación operativa del relleno sanitario Pampaya en el distrito de Tarma, provincia de Tarma. Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae. [http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/271/Chambillo\\_Hellen\\_tesis\\_bachiller\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/271/Chambillo_Hellen_tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Congreso de la República. (2008). Decreto Legislativo N°1065. Retrieved from [https://www.ficem.org/normas/Peru/decreto\\_1065.pdf](https://www.ficem.org/normas/Peru/decreto_1065.pdf)
- Congreso de la República. (2017). Decreto Legislativo N°1278. Ley de gestión integral de residuos sólidos. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>
- Corena, M., J. (2008). Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en rellenos sanitarios. Retrieved from <https://repositorio.unisucre.edu.co/jspui/bitstream/001/304/2/628>.  
From <http://www.kpesic.com/sites/default/files/Ficha-17-GUIA-METODOLOGICA-PARA-LA-ELABORACION-DE-UNA-EIA.pdf>

- Díaz, L. y., & Vallejo, A. C. (2017). Propuesta para el diseño del nuevo Relleno Sanitario para el Municipio de Aguachica - Cesar. Universidad Católica de Colombia. Retrieved from [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15489/1/Diseño de relleno sanitario para Aguachica Cesar.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15489/1/Diseño_de_relleno_sanitario_para_Aguachica_Cesar.pdf)
- Escalona, E. (2014). Daños a la salud por la mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270–277. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n2/hig11214.pdf>
- Fierro, A., Armijo de Vega, C., Buenrostro, O. & Valdez, B. (2010). Análisis de la generación de residuos sólidos en supermercados de la ciudad de Mexicali, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26 (4), 291-297. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/370/37015993004.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación científica. Retrieved from <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad. (2019). NTP 900.058 2019. Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos. Retrieved from <https://www.qhse.com.pe/wp-content/uploads/2019/03/NTP-900.058-2019-Residuos.pdf>
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Colombia. Retrieved from <http://ambiente.lapampa.gob.ar/images/stories/Imagenes/Archivos/Guia.pdf>
- López, N. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete - Cordoba. Universidad Pontificia Javeriana. Retrieved from <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2010). Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios. Retrieved from

- <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf>
- Ministerio de Salud. (2006). RM N°109-2006/MINSA. Reglamento para el Diseño, Operación y Mantenimiento de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos del Ámbito Municipal. Retrieved from [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Relleno\\_sanitario.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Relleno_sanitario.pdf)
- Ministerio del Ambiente & Ministerio de Economía y Finanzas. (2008). Guía de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil. Lima. Retrieved from [http://cdam.minam.gob.pe/multimedia/guiasnip01/Guia SNIP RRSS MINAM MEF/Guia Residuos SNIP MINAM MEF.pdf](http://cdam.minam.gob.pe/multimedia/guiasnip01/Guia_SNIP_RRSS_MINAM_MEF/Guia_Residuos_SNIP_MINAM_MEF.pdf)
- Ministerio del ambiente. (2005). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/2643.pdf>
- Ministerio del ambiente. (2011). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/modsinia/public/docs/2643.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM). Guía metodológica (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ministerio del ambiente. (2013). Ley General del Ambiente n° 28611. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- Ministerio del ambiente. (2014). Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de caracterización de residuos sólidos. Retrieved from <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- Ministerio del ambiente. (2017). Decreto supremo N° 014-2017-MINAM. Retrieved from [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds\\_014-2017-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf)
- Ministerio del ambiente. (2018). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/11/Guia-para-la-caracterizaci%C3%B3n-de-residuos-solidos-municipales.pdf>

- Morín, A. H., & Soto, R. N. (2017). Diseño de un relleno sanitario manual para el distrito de Parcoy. Universidad Nacional de Trujillo. Retrieved from [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8960/MorinMontoya\\_A - SotoOdar\\_N.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8960/MorinMontoya_A - SotoOdar_N.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Núñez, S. & Villacorta, S. (2013). Peligros geológicos en los centros poblados Carrizales, San Miguel - el Mirador, Pacaypite y Jepelacio. Retrieved from [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1492/1/A6626 -Peligros\\_geologicos\\_Carrizales\\_San\\_Miguel...San%20Martin.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1492/1/A6626-Peligros_geologicos_Carrizales_San_Miguel...San%20Martin.pdf)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Retrieved from [http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13926](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Informe 2013-2014. Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional., 100. Retrieved from [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13926](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2015). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal. Lima. Retrieved from [https://www.oefa.gob.pe/en/?wpfb\\_dl=6471](https://www.oefa.gob.pe/en/?wpfb_dl=6471)
- Organización de los Estados Americanos. (1987). Estudio de Casos de Manejo Ambiental: Desarrollo Integrado de un Área en los Trópicos Húmedos - Selva Central del Perú. Washington D.C. Retrieved from <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea27s/begin.htm#Contents>
- Pari, S. (2016). Propuesta de gestión de residuos sólidos mediante un relleno sanitario manual, para el municipio de Taraco. Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4613/Pari\\_Ychuta\\_Susana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4613/Pari_Ychuta_Susana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Román, W. M. (2018). Diseño de un Relleno Sanitario por el método combinado para la disposición final de los residuos sólidos, en el distrito de San José de Sisa, Provincia del Dorado y Región San Martín, 2018. Tesis de grado, Universidad César Vallejo. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40012>
- PNUMA/OPS/FUMEC/FIOCRUZ. (2005). Glosario. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd68/GLOSARIOseguro.pdf>

- Presidencia del Consejo de Ministros. (2013). Constitución política del Perú – 1993. Retrieved from <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Pol%C3%ADtica-del-Peru-1993.pdf>
- Recytrans. (2015). Tipos de reciclaje. Retrieved from <https://www.recytrans.com/blog/tipos-de-reciclaje/>
- Rivera, J. (2011). Geotecnia de rellenos sanitarios. <https://doi.org/10.13140/2.1.4040.5121>
- Román, G. A. (2011). Evaluación del diseño de infraestructura de disposición de residuos sólidos del ámbito municipal de Cajamarca, distrito de Jesús, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. Universidad Nacional de Ingeniería. Retrieved from [cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3626/1/roman\\_gg.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3626/1/roman_gg.pdf)
- Ruiz, J. C., & Unapanta, V. C. (2015). Diseño de un relleno sanitario manual para el recinto “Cristóbal Colón”-Provincia de Esmeraldas. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10096/6/UPS-ST001613.pdf>
- Sakurai, K. (1982). Programa Regional de Mejoramiento de la Recolección, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/cdrom-repi86/fulltexts/bvsacd/scan/011982.pdf>
- Trajano, K. (2016). Projeto de um aterro sanitário de pequeno porte. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Retrieved from <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015922.pdf>

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Planilla de Metrados.

ANEXO 03 – Análisis de Costos Unitarios.

ANEXO 04 – Presupuesto.

ANEXO 05 – Planos.