

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE OYOTÚN, PROVINCIA DE CHICLAYO – LAMBAYEQUE

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

DAVID CARUAJULCA RUBIO

LAMBAYEQUE - PERÚ

2015

A mis padres, Marcial y Berbelina
a mis hermanos Ronald, Edwin y Joel
a mi esposa Maribel y
a mi pequeño hijo Andy Smith

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	06
-------------------	----

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	07
1.1.1. ANTECEDENTES.....	07
1.1.2. SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA.....	08
1.1.3. PROBLEMAS QUE GENERA EL MANEJO ACTUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	11
1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	12
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.3. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	16

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

2.1. DEFINICIONES.....	17
2.1.1. RESIDUO SÓLIDO URBANO.....	17
2.1.2. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS.....	17
2.2. DETERMINACIÓN DE MUESTRA Y POBLACIÓN.....	18
2.2.1. DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN ACTUAL.....	18
2.2.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	19
2.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS...	21
2.3.1. GENERACIÓN PER CÁPITA.....	21
2.3.2. DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	21
2.3.3. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	23

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

3.1. DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO.....	28
3.2. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	29
3.2.1. RECONOCIMIENTO PRELIMINAR.....	30
3.2.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	30

3.3. ANÁLISIS DE MECÁNICA DE SUELOS.....	34
3.3.1. CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO.....	34
3.3.2. PARÁMETROS.....	35
3.3.3. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	38
3.3.4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL EMS.....	43
3.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	43
3.5. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL.....	49
3.5.1. RESIDUOS ACEPTABLES E INACEPTABLES EN UN RELLENO SANITARIO MANUAL.....	49
3.5.2. INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA.....	51
3.5.3. SELECCIÓN DEL MÉTODO.....	54
3.5.4. CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA.....	56
3.5.5. DISEÑO DE LA CELDA DIARIA.....	66
3.5.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	71
3.5.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE DREN DE LIXIVIADOS.....	80
3.5.8. SISTEMA DE DRENAJE DE GASES.....	86
3.5.9. ÁREAS E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.....	91

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. MARCO TEÓRICO.....	94
4.2. MARCO LEGAL.....	95
4.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	97
4.4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	99
4.4.1. CÁLCULOS DE LA MATRIZ DE IMPORTANCIA.....	108
4.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	110
4.5.1. PRINCIPALES IMPACTOS POTENCIALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	111
4.5.2. PROGRAMA CORRECTIVO/PREVENTIVO.....	112

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	115
5.2. RECOMENDACIONES.....	115

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.....	116
-------------------	-----

ANEXOS

ANEXO 01: IMÁGENES SITUACIÓN ACTUAL

ANEXO 02: CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

ANEXO 03: ENSAYOS ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

ANEXO 04: PLANOS

- ✓ PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.
- ✓ PLANO TOPOGRÁFICO
- ✓ PLANO DE PERFILES DEL TERRENO
- ✓ PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA INFRAESTRUCTURA
- ✓ PLANO DE TRINCHERA, DRENAJE GASES Y LIXIVIADO (PLANTA CORTES Y DETALLES)
- ✓ PLANO DE DRENAJE AGUAS SUPERFICIALES
- ✓ PLANOS INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS
- ✓ REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CONCLUIDA.

INTRODUCCIÓN

Entre los muchos problemas que originan la falta de Gestión en el Manejo de Residuos Sólidos y el crecimiento alarmante en la generación de los Residuos Sólidos urbanos, es el aumento de los Vertidos Incontrolados a Cielo Abierto sin ningún tipo de control o también conocidos como Botaderos de Basura; el distrito de Oytún no es ajeno a este problema debido a que viene realizando la disposición final de los residuos sólidos en un botadero a cielo abierto, ubicado a 0.8 Km del casco urbano; este botadero es un foco de contaminación, que está ocasionando el deterioro del medio ambiente y la salud pública.

La Municipalidad Distrital de Oytún, en años precedentes ha tenido la intención de dar solución a dicho problema, con la compra de un lugar adecuado para la disposición final de los residuos sólidos; dicho lugar está localizada aproximadamente a 2.5 km al Este del casco urbano del distrito y es donde se ha determinado el diseño del relleno sanitario del presente estudio.

Este proyecto de investigación es un trabajo que puede representar una contribución al gobierno local para los efectos de contar un adecuado plan integral de Gestión de residuos Sólidos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1.1.1. ANTECEDENTES

El distrito de Oyotún, tiene una población de 9,954 habitantes¹, de los cuales 5,076 (51 %) son varones y 4,878 (49 %) son mujeres; la población infantil menor de 5 años de edad es de 1,056 niños y niñas.

El mal manejo de los residuos sólidos en la zona urbana del distrito de Oyotún, está originando contaminación del medio ambiente y poniendo en riesgo la salud de la población siendo los niños los más afectados. La inadecuada recolección, transporte y disposición final, están relacionadas con el restringido servicio de recolección de servicios y la carencia de una estructura de disposición final de residuos sólidos.

La generación de residuos sólidos municipales (RSM) ha aumentado considerablemente en la Región Lambayeque, siendo las principales causas: aumento de la población, crecimiento económico, incremento de productos descartables, etc. Es importante hacer mención que en toda la región Lambayeque no se hace un manejo adecuado de los RSM y según Ley N° 27314 “Ley General de Residuos Sólidos” y su modificatoria el D.L. 1065, así como el Reglamento de la Ley, indica que es competencia de los Gobiernos Locales prestar el adecuado servicio de manejo de residuos sólidos desde su generación hasta la disposición final.

La generación de los residuos sólidos está directamente relacionada al tamaño de las poblaciones; que se vienen incrementando, lo que se traduce en una creciente demanda de un adecuado servicio de limpieza pública.

La existencia de un servicio de limpieza con cobertura deficiente motiva el rechazo de la población y refuerza la cultura de no pago por el servicio prestado. La insatisfacción por el servicio se traduce en elevados índices de morosidad de los usuarios, el cual llega en promedio a 70%². El punto más crítico del servicio de la limpieza pública, es la disposición final

¹ INEI Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

² Perfil técnico aprobado “Mejoramiento de la Gestión Integral del Plan Residuos Sólidos Municipales en Oyotún, Distrito de Oyotún - Chiclayo – Lambayeque” (SNIP: 304069).

de los mismos, la cual se realiza en un botadero a cielo abierto a las afueras de la ciudad (a menos de 1 km del casco urbano).

1.1.2. SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA

El servicio de manejo integral de Residuos Sólidos(RRSS) comprende las etapas del ciclo de vida de los Residuos Sólidos, siendo éstos: generación, segregación, almacenamiento, barrido y limpieza, recolección y transporte, transferencia, reaprovechamiento y disposición final, así como los diversos aspectos vinculados, tales como los políticos, institucionales, sociales, financieros, económicos, técnicos, ambientales y de salud.

Cuadro 1.1 Etapas del ciclo de vida actual de los RRSS - distrito de Oyotún

1	Generación de RRSS	: SI
2	Segregación domiciliaria	: NO
3	Almacenamiento intradomic. y público.	: SI
4	Recolección y barrido	: SI
5	Transporte directo	: SI
6	Transferencia	: NO
7	Disposición final	: SI (Botadero Municipal)
8	Segregación en planta	: NO
9	Tratamiento de residuos peligrosos	: NO
10	Reaprovechamiento de residuos	: NO
11	Comercialización	: NO

▪ **Generación de Residuos Sólidos**

Los residuos municipales están compuestos por los residuos generados en los domicilios y los residuos no domiciliarios conformados por las diferentes entidades públicas y privadas, así como locales comerciales, centros de trabajo y de diversión, entre otros.

▪ **Almacenamiento de Residuos Sólidos**

✓ *Almacenamiento Intradomiciliario:*

En la mayoría de los casos el almacenamiento en el domicilio se realiza en bolsas plásticas descartables y en recipientes, baldes, cajas hasta que queden inservibles.

✓ *Almacenamiento No Domiciliario (Comercios, Instituciones públicas y privados, etc.)*

También se tiene presencia de residuos sólidos en vías o espacios públicos depositados en bolsas costales o directamente en la vereda, ya que no existen contenedores adecuados en zonas estratégicas, debido a que sufren deterioros por el tiempo y el mal manejo.

✓ *Almacenamiento Mercados*

En los mercados el almacenamiento se realiza en cilindros de 200 litros de capacidad, que en la actualidad estos cilindros están deteriorados y en mal estado.

✓ *Almacenamiento en Vías Públicas*

Actualmente no se almacena los residuos que se generan en los parques y vías públicas, siendo necesario la instalación de contenedores. Del mismo modo se requieren contenedores para residuos recuperables a instalarse en los centros educativos y las principales vías públicas.

✓ *Acumulación de Residuos (Puntos Críticos)*

La falta de recipientes de almacenamiento público y privado (mercados), genera la creación de puntos críticos de acumulación de residuos sólidos temporales y/o permanentes, principalmente en la periferia de la ciudad, estos puntos críticos atraen vectores transmisores de enfermedades.

▪ **Servicio de Barrido**

En cuanto al barrido este se realiza en forma manual, es decir no existen barredoras mecanizadas, el equipo de los barrenderos manuales está compuesto por escobas, carretillas, rastrillos, recogedores y personal de limpieza que según horario establecido, realizan el barrido pero solo de las principales avenidas y calles de la localidad de Oyotún, debido a que no se abastecen por ser pocos y la ciudad viene creciendo y por lo tanto es amplio el circuito de limpieza pública o barrio de vías locales y colectoras de la localidad.

✓ *Algunos indicadores del servicio de barrido serían:*

- _ El barrido se realiza de manera manual.
- _ Sólo se hace barrido a las avenidas y calles principales de la localidad de Oyotún y esto debido a la falta de personal de limpieza
- _ Las herramientas del barrido son: escobas, carritos barrenderos y recogedores.
- _ El personal usa parte del equipo de protección personal brindado por la municipalidad tales como: guantes y botas, mascarillas y uniformes de protección, los mismos que no son renovados periódicamente.
- _ No se brinda capacitación al personal que labora en el barrido.
- _ Actualmente se cuenta con 04 personas para el servicio de barrido.

El servicio de barrido se realiza en los turnos siguientes: En la mañana, de 6:00 am – 9:00 am y en la tarde, de 2:00 pm a 7:00 pm de la noche.

Cabe mencionar que existe poca colaboración del usuario con el personal de barrido para mantener limpia la ciudad.

A continuación algunas causas que estarían contribuyendo a la disposición de residuos en las vías públicas por parte de la población:

- Carencia de educación y cultura ambiental sobre la disposición adecuada de los residuos sólidos.
- Desinformación de la población flotante acerca de los horarios y frecuencias de recolección.
- Existe poca o nula colaboración por parte de la población en el barrido y/o limpieza de las calles.

Cabe recalcar que en la zona urbana comercial se barre todos los días y las zonas urbanas se barren una a dos veces a la semana. También es necesario mencionar que los operarios de barrido generalmente son trabajadores eventuales y se presenta el problema cuando dejan de realizar su labor.

▪ **Servicio de Recolección y Transporte**

La Municipalidad Distrital de Oytún, mediante la dirección de servicios comunales, realiza el servicio de recolección de residuos sólidos por administración directa. Para cumplir con este servicio, se utiliza un pequeño volquete para el recojo de residuos sólidos provenientes del barrido de las calles, de los domicilios, de los locales públicos y privados.

El personal que brinda el servicio no cuenta con los equipos de protección necesarios. Asimismo, se ha determinado que existen zonas de difícil acceso que no son atendidos adecuadamente por este servicio.

▪ **Reaprovechamiento**

En el distrito de Oytún no se ha implementado sistemas de reaprovechamiento formal de los residuos sólidos, pudiendo constatar la presencia de recicladores informales que realizan sus actividades sin ningún tipo de implementos de seguridad y criterio técnico sanitario, quedando expuestos a contraer enfermedades por el contacto directo con objetos punzo cortantes y vectores.

▪ **Servicio de Disposición Final**

No existe un relleno sanitario en el Distrito, la disposición final de los residuos sólidos se realiza en un botadero a cielo abierto, a 0.8 Km de la ciudad de Oytún; este botadero es un foco de contaminación, por ser hábitat de microorganismos patógenos, vectores de enfermedades, contamina el agua, aire, suelo, deteriora el paisaje, etc.

El botadero de la ciudad de Oytún, se considera de alto riesgo por:

- _ Ocupa un área de 4.06 Ha y se encuentra a menos de 1 km de la ciudad.
- _ Existe contaminación de los suelos y agua subterránea por lixiviados y contaminación del aire ya que no existe cortinas rompe vientos.
- _ Proliferación de moscos, zancudos, roedores, vectores, entre otros.
- _ Asentamiento temporal de recicladores informales, exponiéndose a contraer enfermedades respiratorias, la piel, estomacales, entre otros.
- _ Los impactos ambientales originados por la generación de gases, alteración del paisaje.

1.1.3. PROBLEMAS QUE GENERA EL MANEJO ACTUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

A continuación se presentan los problemas generados al ambiente y a la salud de las personas que habitan en la ciudad de Oytún, generados de manera general por el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

- _ En la etapa de almacenamiento: Al no contar con suficientes recipientes para el almacenamiento público, se vienen acumulando residuos al aire libre. Estos desechos sólidos abandonados constituyen una molestia y un riesgo a la salud pública; obstruyen los desagües y drenajes abiertos, e invaden los caminos. Además, constituyen un impacto paisajístico negativo, emiten olores desagradables y polvos irritantes.
- _ En la etapa de barrido: Las deficiencias en la cobertura del servicio de barrido de calles hacen que se acumule la cantidad de residuos que son arrojados a las calles por vehículos y peatones. La acumulación de estos residuos no sólo tiene impactos negativos en el aspecto de las vías, sino que contaminan el ambiente y pueden ocasionar el bloqueo de los desagües.
- _ En la etapa de recolección y transporte: El servicio viene presentando deficiencias ya que no se eliminan los puntos críticos. La acumulación de residuos al aire libre

deteriora la calidad del aire, emite malos olores y contamina los suelos por el contacto directo de los residuos.

- _ En la etapa de aprovechamiento: la presencia de recicladores informales quienes al realizar sus actividades esparcen los residuos por las vías públicas, contribuyendo a la contaminación. Además, en tanto carecen de una adecuada protección (guantes, botas, uniformes e instalaciones de mudanza y limpieza), tienen contacto directo con los residuos sólidos, estando expuestos a contraer enfermedades y sufrir accidentes.
- _ En la etapa de disposición final: El disponer los residuos en un botadero a cielo abierto conlleva a riesgos ambientales que se convierten en riesgos a la salud de corto y largo plazo.

1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- _ Determinar la caracterización de residuos sólidos urbanos y diseño de relleno sanitario en el Distrito de Oyotún, Provincia de Chiclayo – Lambayeque, que contribuirá a reducir significativamente los focos de contaminación, y como consecuencia mejorar las condiciones ambientales y de salud de la población.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- _ Determinar la composición de los residuos sólidos urbanos en el Distrito de Oyotún.
- _ Cuantificar la generación de residuos sólidos urbanos per cápita en el Distrito de Oyotún.
- _ Estudio Topográfico.
- _ Análisis de Mecánica de suelos.
- _ Diseño de Relleno Sanitario.

1.3. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación Política:

Distrito : OYOTÚN
Provincia : CHICLAYO
Departamento : LAMBAYEQUE

El Distrito de Oytún pertenece a la Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, La capital del distrito es el pueblo de Oytún, situado en la margen izquierda del río Zaña a 200 msnm a 84.1 Km. de la ciudad de Chiclayo. Latitud sur 6° 50' 52.5" y 79° 18' 3.4" de Longitud occidental.

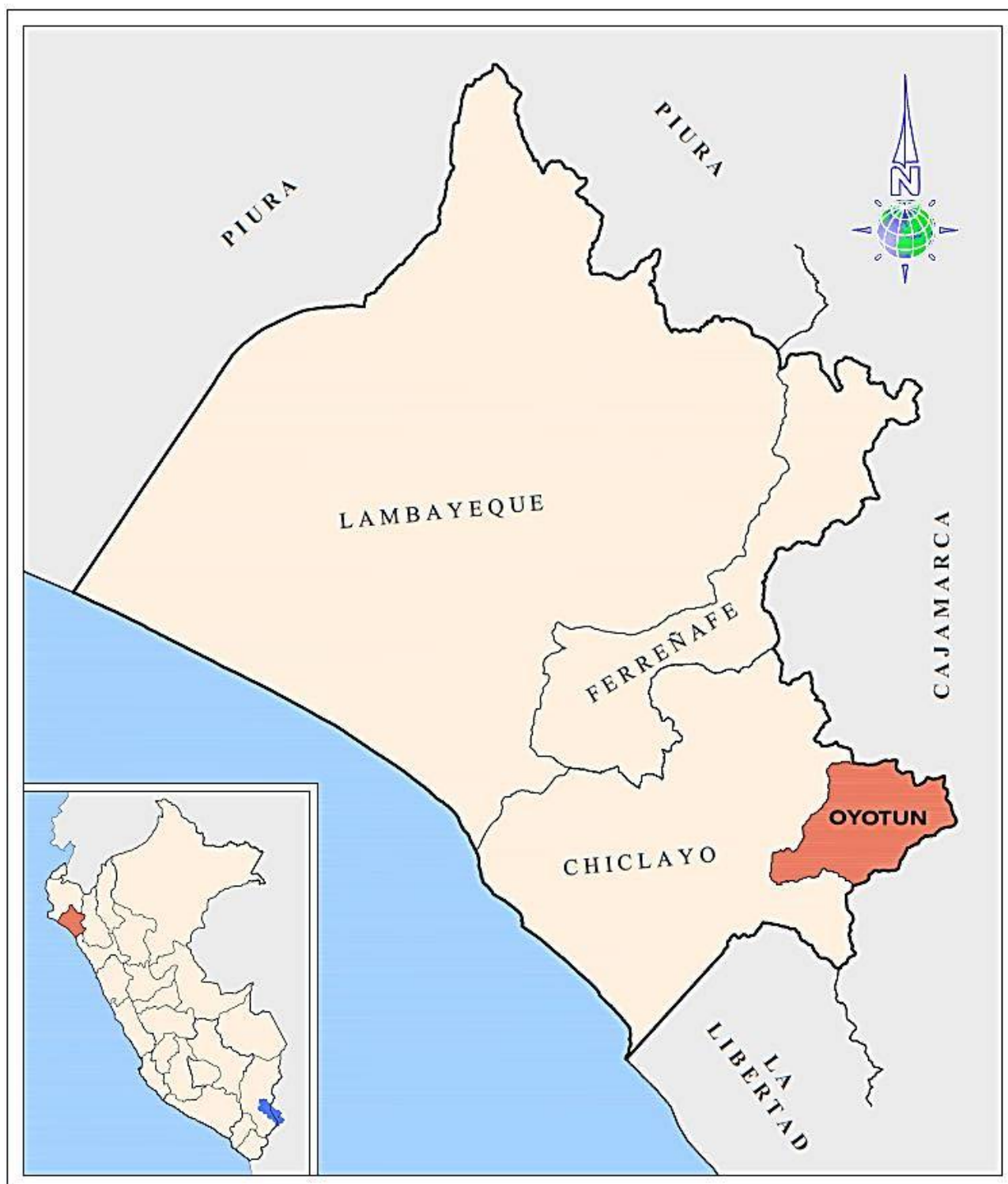


Figura 1.1 Mapa de Ubicación del distrito de Oytún

- **Límites del Distrito de Oyotún**
 - _ Por el Norte: Con el distrito de Chongoyape y el departamento de Cajamarca.
 - _ Por el Sur: Con el distrito de Nueva Arica y el departamento de Cajamarca.
 - _ Por el Este: Con el departamento de Cajamarca.
 - _ Por el Oeste: Con los distritos de Zaña y Chongoyape.

- **Vías de Acceso**

✓ *Al distrito de Oyotún:*

ALTERNATIVA 1:

Chiclayo - Panamericana Norte - Carretera 1NI – Oyotún.

ALTERNATIVA 2:

Chiclayo – Carretera 6A - Carretera Sipán - Carretera Lambayeque 111 –

Cayalti – Carretera 1NI – Oyotún.

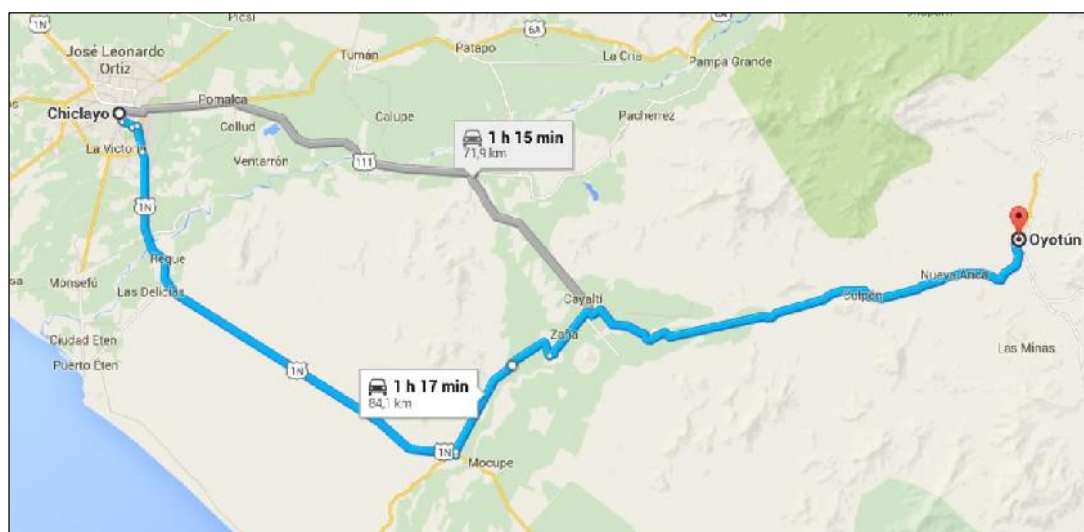


Figura 1.2 Vías de acceso al distrito de Oyotún

✓ *A la zona donde se proyecta El Relleno Sanitario:*

Del distrito de Oyotún en dirección Este, a través de 3 km de carretera afirmada en regular estado, transitable toda época del año (La distancia por carretera desde la ciudad de Oyotún al Botadero Actual es de: 0.85 km), como se muestra en la figura 1.3

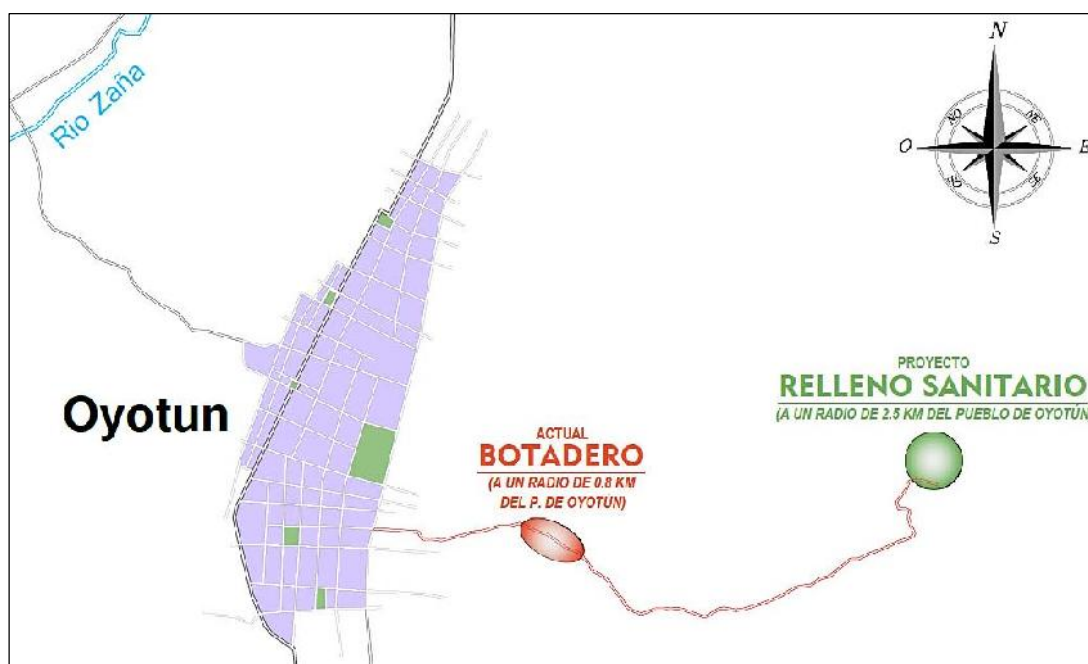


Figura 1.3 Vía de acceso a la Zona del Proyecto de Relleno Sanitario

1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este Proyecto de Tesis se realiza la caracterización de residuos sólidos urbanos y el diseño de un relleno sanitario en el distrito de Oyotún; enfocando en un inicio aspectos generales del Proyecto, como la ubicación geográfica, planteamiento de la realidad problemática, objetivos, justificación e importancia del proyecto.

En el estudio de caracterización de residuos sólidos se determina: la generación per cápita y composición de los residuos producidos por la población urbana del distrito de Oyotún.

El Estudio Topográfico del área para el relleno sanitario, permitirá describir las características de los diferentes perfiles de terreno a fin de clasificarlo según su pendiente, identificar el sector apropiado para relleno, para material de cobertura y facilitar la definición del método de disposición a utilizarse.

En lo referente al Estudio de Suelos, se realizan los ensayos correspondientes en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura, determinándose las propiedades y características del suelo de la zona de estudio.

Se informa de la Hidrología de la zona del proyecto.

En el diseño deñ del relleno sanitario, se evalúa el método a emplear y se realiza: El cálculo de la vida Útil, diseño de la celda Diaria, diseño del drenaje pluvial, diseño del dren de lixiviados y cálculo de la generación de gases.

Se informa de los aspectos de Impacto Ambiental en el área de estudio y finalmente se presenta las conclusiones, recomendaciones y planos del Proyecto.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Porque el distrito de Oytún no cuenta con un proyecto de relleno sanitario para una adecuada disposición final de los residuos sólidos urbanos, que son depositados sin ningún tipo de control en un terreno a cielo abierto, lo que ocasiona el deterioro al medio ambiente y a la salud pública.

Para que el distrito de Oytún cuente con un proyecto de relleno sanitario, que tiene como objeto reducir los impactos negativos producto de la disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos y su construcción no representa molestia ni peligros a la salud pública.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

2.1. DEFINICIONES

2.1.1. RESIDUO SÓLIDO URBANO

Un residuo sólido urbano, denominado también residuo urbano, es aquel que no es gaseoso o líquido y que se genera en las actividades desarrolladas en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia, como son los domicilios particulares, los comercios, las oficinas y los servicios. No se incluyen los catalogados como peligrosos, aunque se pudieran producir en los anteriores lugares o actividades.

La mayoría de los residuos sólidos urbanos que genera una sociedad, es la basura doméstica. Ésta está compuesta por:

- Materia orgánica, que son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos, junto a la comida que sobra.
- Papel y cartón, como son los periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes Plásticos, que son las botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables; y también metales, como latas o botes, etc.
- Vidrio, como botellas, frascos diversos o vajilla rota.

2.1.2. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a 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, etc., en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también la planificación administrativa y financiera, ya que sabiendo cuánto de residuos sólidos se genera en cada una de las actividades que se producen en el distrito, se puede calcular la tasa de cobros de arbitrios.

Como tal representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos de gestión ambiental de residuos sólidos así como proyectos de inversión pública referidos a gestión de residuos sólidos y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.

2.2. DETERMINACIÓN DE MUESTRA Y POBLACIÓN

2.2.1. DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN ACTUAL

Para el cálculo de la población actual se aplica la siguiente fórmula:

$$PF = Pi * (1 + r)^n$$

Donde:

Pi : Población inicial; Población real obtenida del último Censo Nacional (Fuente INEI)

r : Tasa de crecimiento anual inter censal

n : Número de años que se proyecta a la población, a partir de la población inicial (Pi)

PF: Población final proyectada después de “n” años

Cuadro 2.1 Población Urbana del Distrito de Oyotún

Distritos	Población Urbana	
	Censo 1993	Censo 2007
OYOTUN	5075	5518

Fuente: INEI

Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional:

$$r = 100 * \left(\sqrt[n]{\frac{PF}{Pi}} - 1 \right)$$

Para:

Pi : 5075 (Censo 1993)

PF: 5518 (Censo 2007)

r = 0.5996 %

Cuadro 2.2 Población Urbana Proyectada - Oyotún

Población Urbana - Oyotún	
Año	Población
2007	5518
2008	5551
2009	5584
2010	5618
2011	5652
2012	5685
2013	5720
2014	5754
2015	5788

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, la población del área urbana del Distrito de Oyotún se estima en **5788 habitantes** en el año 2015.

2.2.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Según la “Guía Metodológica Para El Desarrollo Del Estudio De Caracterización De Residuos Sólidos Municipales”, del Ministerio Del Ambiente; para el cálculo del número de la muestra domiciliaria y número de la muestra no domiciliaria se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

PARÁMETRO	DOMICILIARIO	NO DOMICILIARIO
n: (número de muestras)	Número de viviendas que participarán en el estudio de caracterización.	Número de establecimientos que participarán en el estudio de caracterización.
N: (Universo)	Total de viviendas (se debe calcular el número de viviendas que existe en el periodo que se realizará el estudio)	Total de establecimientos (información que puede ser proporcionada por la oficina de comercialización o la que haga sus veces)
σ : (Desviación estándar)	Cuando no se tenga información el valor de desviación estándar a usar es de 0,25. Si se cuenta con un estudio anterior, considerar la desviación estándar calculada en ese estudio	
$Z_{1-\alpha/2}$: (Nivel de confianza)	Generalmente se trabaja con un nivel de confianza al 95% para lo cual $Z_{1-\alpha/2}$ tiene un valor de 1,96.	
E: (Error permisible)	10% del GPC nacional actualizada a la fecha de ejecución del estudio	

■ NÚMERO TOTAL DE VIVIENDAS:

Conocida la población actual lo siguiente es determinar el número de viviendas. Se puede asumir un valor promedio de 5 habitantes por vivienda³; sin embargo, se tiene información del Número de Viviendas Urbanas Ocupadas del distrito de Oyotún, obtenidos en los censos 1993 y 2007 realizados por INEI, que será proyectado al 2015.

³ “Guía Metodológica Para el Desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales”, MINAM-Perú.

Cuadro 2.3 Viviendas Urbanas del Distrito de Oyotún

Distritos	Viviendas Urbanas con Ocupantes	
	Censo 1993	Censo 2007
OYOTUN	1221	1550

Fuente: INEI

De donde se tiene que:

Tasa de Crecimiento de viviendas	:	1.7188 %
Número de Viviendas Urbanas Proyectadas al 2015	:	1776

▪ **NÚMERO TOTAL DE ESTABLECIMIENTOS:**

Cuadro 2.4 Establecimientos del Distrito de Oyotún - 2014

Establecimientos	Cantidad
Bodegas	14
Restaurantes	10
Instituciones	12
Hospedajes	2
Centro de salud	2
Puestos de mercado	40
Talleres	8
Agencias	5
Centro de Diversión	3
Locales Públicos	5
Centro Religioso	2
Barrido de Calles	21
Institución Educativa (alumnos)	620

Fuente: Perfil técnico aprobado "Mejoramiento de la Gestión Integral del Plan Residuos Sólidos Municipales en Oyotún, Distrito de Oyotún - Chiclayo – Lambayeque" (SNIP: 304069).

▪ **CÁLCULO DE LA MUESTRA DOMICILIARIA**

N :	Total de Viviendas	1776
Z 1-a/2:	Nivel de Confianza	1.96
σ :	Desviación estándar	0.25
E :	Error permisible	0.0583
Porcentaje de contingencia		20.0%

Nota: La GPC nacional se ha considerado 0.583kg/habitante/día; según el 5to informe situación anual de Residuos Sólidos municipales y no municipales en el Perú gestión 2012

Remplazando los valores en la formula se tiene:

$$n = \frac{1.96^2 * 1776 * 0.25^2}{1775 * 0.061^2 + 1.96^2 * 0.25^2}$$

$$n = 67.975$$

$$n + 20.0\% = 81.570 <> 82$$

Según los cálculos realizados, la muestra es de: **82 viviendas**

▪ MUESTRA NO DOMICILIARIA:

No se realizó caracterización de Residuos Sólidos no Domiciliarios. Se ha tomado los valores obtenidos en el Perfil técnico: “Mejoramiento de la Gestión Integral del Plan Residuos Sólidos Municipales en Oyotún, Distrito de Oyotún – Chiclayo – Lambayeque” (Aprobado en el 2014 – SNIP: 304069).

2.3. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS

2.3.1. GENERACIÓN PER CÁPITA

La Generación Per Cápita de Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios del Distrito de Oyotún, obtenido en el presente estudio es de:

GPC distrito de Oyotún = 0.436 Kg/hab./día. (Véase anexo 02).

2.3.2. DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para determinar la densidad de los residuos se realizó el procedimiento siguiente:

- Contar con un cilindro uniforme de 200 litros, sin abolladuras y en buen estado.
- Se determinó la altura y diámetro del recipiente cilíndrico.
- Al azar se escogió bolsas de las ya registradas y pesadas y se vació su contenido dentro del recipiente, hasta tener una altura de $\frac{3}{4}$ de la altura total del mismo, anotando el código de las bolsas.
- Se levantó el cilindro 20 cm sobre la superficie y se dejó caer, repitiendo esta acción por tres veces, con la finalidad de uniformizar la muestra llenando los espacios vacíos del cilindro.

- Se midió la altura libre entre los residuos sólidos y el borde del cilindro.
- Se tomaron los datos en una hoja de campo.

La densidad de los residuos sólidos se calculó mediante la siguiente formula:

$$Densidad(S) = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times (H - h)}$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

W: Peso de los residuos sólidos (kg)

V: Volumen del residuo sólido (m³)

D: Diámetro del cilindro (m)

H: Altura total del cilindro (m)

h: altura libre de residuos sólidos (m)

π: Constante "pi" (3.1416)

La densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios obtenido para el Distrito de Oytún, es de **279.39 Kg/m³**, como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.5 Densidad de Residuos Solidos

Densidad (Kg/m3)							Densidad Promedio
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	kg/m³
285.78	266.55	303.30	293.55	258.55	243.05	304.94	279.39

Fuente: Elaboración Propia

Los registros de datos para determinar la densidad de los residuos sólidos se detallan a continuación:

Datos del Recipiente Cilíndrico para Densidad:

Altura (H)	=	0.88	m
Diámetro (D)	=	0.57	m
Volumen	=	0.22	m ³
Peso	=	14.04	kg
Capacidad	=	200.00	litros

2.3.3. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La metodología empleada para determinar la composición de residuos sólidos, fue la siguiente:

- Se dispusieron los residuos en una zona pavimentada, con la finalidad de no combinar

Cuadro 2.6 Registro de pesos y altura libre de cilindro para determinar la densidad de residuos

Día	Cilindro	Peso (kg)	Altura Libre (m)	Altura Residuos (m)	Volumen Residuos (m3)	Densidad (kg/m3)	Densidad Promedio (kg/m3)
Día 1	1	52.51	0.16	0.72	0.18	285.78	<u>285.78</u>
	2						
Día 2	1	42.85	0.25	0.63	0.16	266.55	<u>266.55</u>
	2						
Día 3	1	52.63	0.20	0.68	0.17	303.30	<u>303.30</u>
	2						
Día 4	1	48.69	0.23	0.65	0.17	293.55	<u>293.55</u>
	2						
Día 5	1	49.48	0.13	0.75	0.19	258.55	<u>258.55</u>
	2						
Día 6	1	44.66	0.16	0.72	0.18	243.05	<u>243.05</u>
	2						
Día 7	1	42.80	0.33	0.55	0.14	304.94	<u>304.94</u>
	2						

Fuente: Elaboración Propia

los residuos con tierra.

- Se rompieron las bolsas y se vertieron los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable.
- Los componentes se clasificaron en bolsas y recipientes pequeños.
- Con ayuda de una balanza se pesaron los componentes.
- Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso de cada componente (Pi):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (P_i / W_t) \times 100$$

- Para determinar el porcentaje promedio de cada componente, se efectuó un promedio simple, es decir sumando los porcentajes de todos.

De acuerdo a la metodología explicada se obtuvieron los siguientes tipos de residuos:

Cuadro 2.7 Composición Detallada de Residuos Sólidos - Distrito de Oyotún

Tipo de Residuos Sólidos	Porcentaje
1. RESIDUOS APROVECHABLES	51.40%
1.1. Residuos Compostificables (Orgánicos)	35.65%
Restos de Alimentos, frutas y similares	34.95%
Material Vegetal (madera, follaje, poda)	0.70%
1.2. Residuos Reciclables	15.75%
1.2.1. Papel	2.31%
Papel Blanco	0.92%
Papel Periódico	0.89%
Papel Mixto	0.50%
1.2.2. Cartón	3.48%
Cartón Marrón	2.33%
Cartón Mixto	1.15%
1.2.3. Vidrio	1.61%
Vidrio Blanco	1.16%
Vidrio Marrón	0.36%
Vidrio Verde	0.09%
1.2.4. Plástico	5.80%
PET (1) (botellas de bebidas, agua)	0.52%
PEAD (2) (botellas de yogurt, shampoo)	2.15%
PVC (3) (tubos, cables, lonas, suelas)	0.03%
PEBD (4) (vasos descartables, bolsas, film)	0.35%
PP (5) (balde, tinas, vasos no desechables)	0.59%
PS (6) (tapas cristalinas de cds, micas)	0.39%
Otros Plásticos (Lentes de sol, juguetes)	1.77%
1.2.5. Tetrapack	0.29%
1.2.6. Metales	0.93%
Fierro	0.41%
Lata (Hojalata)	0.52%
Cobre (Cables)	0.00%
Aluminio (Latas)	0.00%
1.2.7. Otros Reciclables	1.32%
Telas, textiles	1.32%
Otros reciclables	0.00%
2. RESIDUOS NO APROVECHABLES	48.60%
2.1. Residuos Sanitarios	6.61%
Papel higiénico	1.58%
Pañales	4.88%
Toallas higiénicas	0.16%
2.2. Lozas, Cerámica	0.59%
2.3. Residuos Peligrosos	0.26%
Fluorescentes	0.08%
Pilas	0.10%
Residuos de medicinas, plaguicidas y similares	0.08%
2.4. Otros no aprovechables	41.13%
Tecnopor y Similares	0.14%
Caucho, cuero, jebe	0.51%
Tierra y Similares	32.15%
Otros	8.33%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

(1) PET: Polietileno, (2) PEAD: Polietileno de alta densidad, (3) PVC: Policloruro de vinilo, (4) PEBD: Polietileno de baja densidad, (5) PP: Polipropileno, (6) PS: Poliestireno

Cuadro 2.8 Composición de Residuos Sólidos - Distrito de Oytún

Tipo de Residuo	Porcentaje
Residuos Orgánicos	35.65%
Papel	2.31%
Cartón	3.48%
Vidrio	1.61%
Plástico	5.80%
Tetrapack	0.29%
Metales	0.93%
Telas, textiles	1.32%
Residuos Sanitarios	6.61%
Lozas, Cerámica	0.59%
Tierra y Similares	32.15%
Otros Residuos	9.25%
Total	100.00%

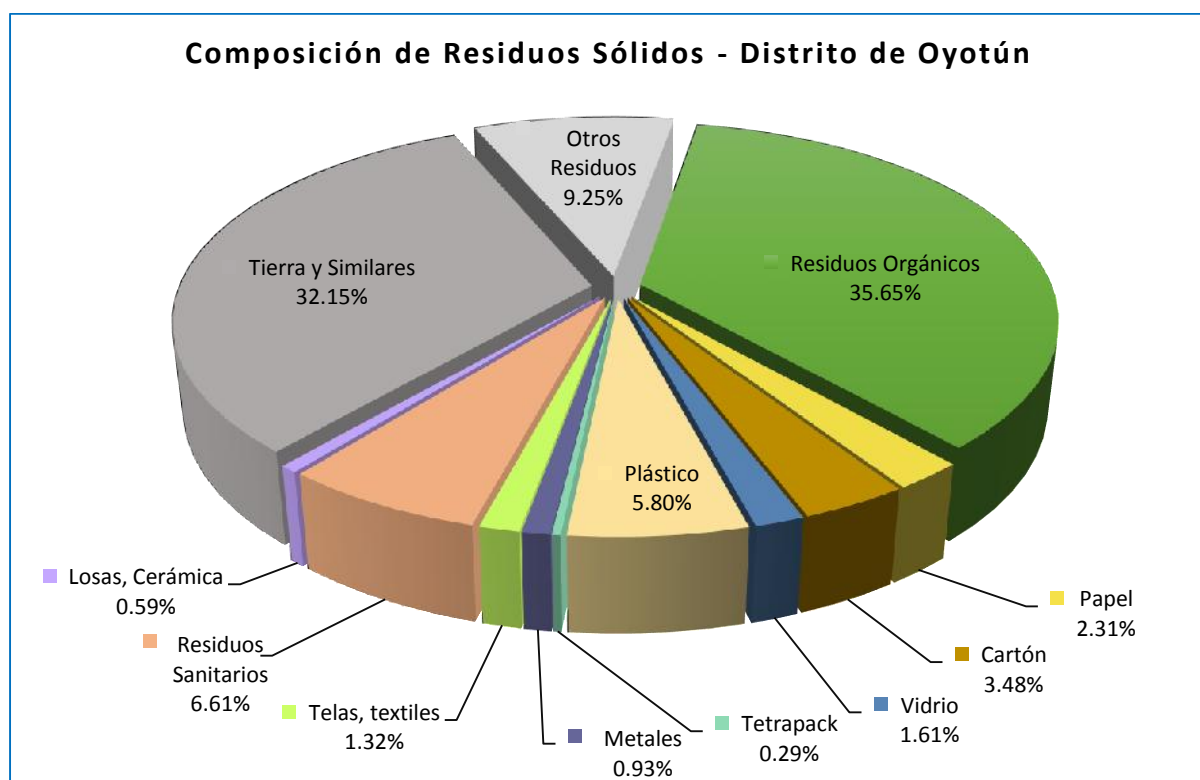


Figura 2.1 Composición de residuos Sólidos Domiciliarios – Oytún

Se observa que el componente Orgánico tiene mayor porcentaje y representa el 35.65% del total de residuos. Así mismo se observa que la tierra representa un porcentaje importante (32.15% del total), característica relacionada al tipo de vivienda existente en la zona como lo es de adobe, que constituyen la mayoría de viviendas del distrito de Oytún.

Respecto al material reciclable se tiene un 2.31% de Papel (papel blanco, papel periódico y papel mixto), el Cartón representa el 3.48%, el vidrio el 1.61%, un 5.80% de plástico (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP y otros), el Tetrapack representa el 0.29%, los metales el 0.93% y los textiles representan el 1.32% del total de residuos.

Entre los residuos no aprovechables se tiene: los Residuos Sanitarios (Papel higiénico, Pañales, Toallas higiénicas) que representan el 6.61%, las losas y cerámicas con un porcentaje de 0.59% y otros residuos (Fluorescentes, pilas, tecnopor, etc.) que representan un 9.25% del total.

Cuadro 2.9 Porcentaje de Residuos según su Aprovechamiento

RESIDUOS	PORCENTAJE
RESIDUOS COMPOSTIFICABLES (ORGANICOS)	35.65%
RESIDUOS RECICLABLES	15.75%
RESIDUOS NO APROVECHABLES	48.60%
Total %	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

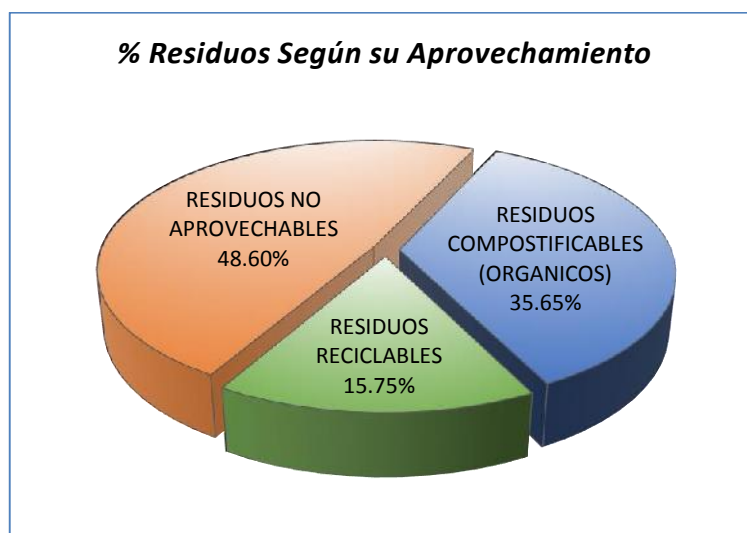


Figura 2.2 Porcentaje de residuos domiciliarios Según su aprovechamiento

Del gráfico anterior se observa que el 48.60% de residuos son no aprovechables, el 36.65% son compostificables (residuos orgánicos) y el 15.75% son residuos reciclables.

Cuadro 2.10 Porcentaje de Residuos según su Peligrosidad

RESIDUOS	Porcentaje
RESIDUOS NO PELIGROSOS	99.74%
RESIDUOS PELIGROSOS	0.26%
Total %	100.00%

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2.3 Porcentaje de residuos domiciliarios según su peligrosidad

En el gráfico se observa que solo el 0.26% de residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Oytún son considerados como peligrosos.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

3.1. DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO

Según lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, el relleno sanitario es una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con los dispositivos para el control y manejo de las emisiones (líquidos y gases) que se generan producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental.

Los rellenos sanitarios de acuerdo al tipo de operación se clasifican en tres:

Relleno sanitario manual: El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, piones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno.

Relleno sanitario semi mecanizado: La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.

Relleno sanitario mecanizado: La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.

Del *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos del Distrito de Oytún*, realizado en el presente proyecto de tesis, se tiene que la **Generación Diaria de Residuos es de 2.881 Ton.** Por lo que corresponde un **RELLENO SANITARIO MANUAL.**

3.2. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Es el estudio que permite describir las características de los diferentes perfiles de terreno a fin de clasificarlo según su pendiente, identificar el sector apropiado para relleno y para material de cobertura y facilitar la definición del método de disposición a utilizarse.

Para los fines de construcción y operación de un relleno sanitario, un terreno por su topografía se puede clasificar en:

Terreno Plano.

Es aquel terreno en el que se presentan pequeñas pendientes como las mesetas y llanuras (0 a 5% de pendientes).

Terreno Ondulado.

Se consideran terrenos, ondulados aquellos en los que la pendiente no es continua presentando partes planas y partes con pendiente media como son los valles (5 a 10% de pendiente).

Terreno Escarpado.

Presentan una pendiente muy fuerte (mayores del 10%) como montañas, cerros, cañadas, etc.

Banco de material de préstamo abandonado.

Es aquel terreno que se usó como banco de material y presenta grandes oquedades u hoyos que puedan ir desde 5 m a 15 m de profundidad.

Terreno Combinado.

Es aquel que presenta 2 ó más variantes de los terrenos arriba descritos.

El trazo de curvas de nivel se hará de acuerdo a los siguientes lineamientos:

- _ A cada 0.50 m para sitios planos, hondonadas naturales y terrenos ligeramente sinuosos.
- _ A cada 1.00 m para sitios sinuosos, hondonadas profundas y valles escarpados.

3.2.1. RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

Con el fin de llevar un estudio bien planificado se empezó a hacer el reconocimiento del lugar adquirido por la municipalidad distrital de Oyotún; identificándose el lindero, terrenos vecinos, la carretera de acceso, entre otras características.

La zona presenta un terreno combinado entre ondulado y escarpado, con pendientes no continuas, presentando partes con pendientes medias (5 a 10% de pendiente), y partes con pendientes fuertes (mayores del 10%).

3.2.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

▪ INSTRUMENTO TOPOGRÁFICO.

ESTACIÓN TOTAL.

Características Del Instrumento:

Los instrumentos de estación total combinan tres componentes básicos, Un IEMD, un teodolito digital electrónico y una computadora o un microprocesador en una sola unidad. Estos aparatos, llamados también taquímetros electrónicos, pueden medir automáticamente ángulos horizontales y verticales, así como distancias inclinadas desde una sola estación.

Con base en estos datos, ellos pueden calcular instantáneamente las componentes horizontales y verticales de las distancias, las elevaciones y coordenadas, así como exhibir los resultados en un LCD (Diodo de Cristal Líquido). También pueden almacenar los datos, ya sea en Recolectores internos o externos de datos.

Las estaciones totales ofrecen muchas ventajas en casi todo tipo de levantamientos. Se usan en levantamientos topográficos, hidrográficos, catastrales y de construcciones.

Funciones Que Realizan Las Estaciones Totales:

Las estaciones totales, con sus microprocesadores, pueden efectuar varias funciones y cálculos, dependiendo como estén programadas.

Las capacidades varían según los diferentes instrumentos, pero algunos cálculos estándar son:

- _ Obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancia;
- _ Corrección electrónica de distancias medidas de constantes de prismas, presión atmosférica y de temperatura;
- _ Correcciones por curvatura y por refracción de elevaciones determinadas por nivelación trigonométrica;
- _ Reducciones de distancias inclinadas a sus componentes horizontal y vertical.
- _ Cálculo de elevación de puntos a partir de los componentes de distancias verticales (las cuales se complementan con entradas por medio del teclado de las alturas del instrumento y del reflector),
- _ Cálculo de las coordenadas de los puntos del levantamiento a partir de las componentes de distancia y ángulo horizontal (que se complementan con entrada por medio del teclado de las coordenadas de la estación ocupada y de un acimut de referencia.

▪ **CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DEL SITIO**

- _ El terreno donde se realizó el estudio, se encuentra a una altura promedio de 356 msnm.
- _ Tiene una extensión de 14.65 Ha y un perímetro de 1725.5 ml.
- _ Presenta pendientes no uniformes, que van desde pendientes menores de 5% hasta pendientes de alrededor del 50%.
- _ La diferencia de altura entre el punto más bajo y el punto más alto de 48 m.
- _ Su centroide tiene coordenadas UTM-WGS84 Este: 690237.64 y Norte: 9242530.12.
- _ Los datos técnicos de la poligonal perimetral del terreno, como vértice, longitud de lado, ángulo interno, coordenadas UTM (este, norte), se muestran en el Cuadro 3.1.

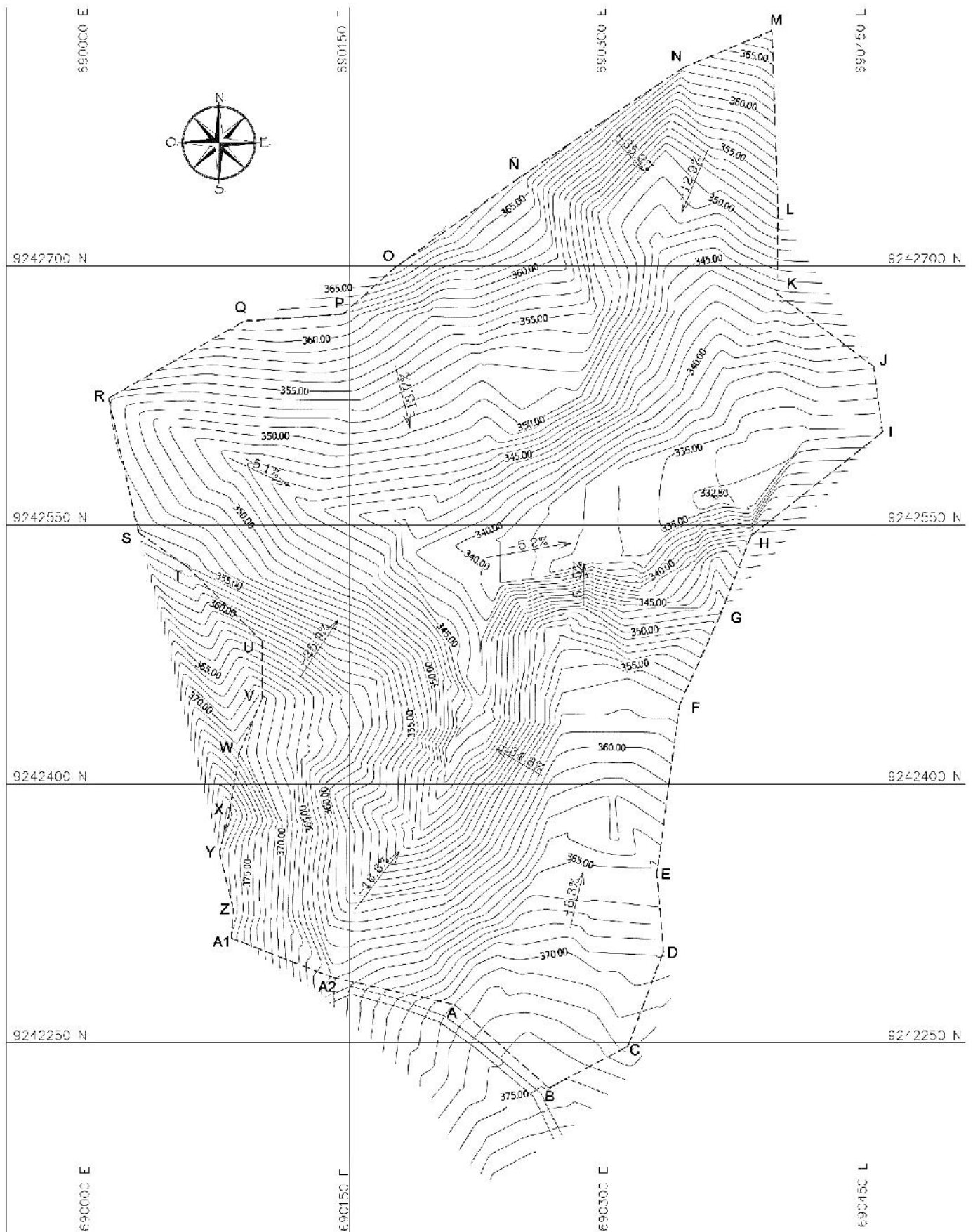


Figura 3.1 Plano Topográfico (Sin Escala)

Cuadro 3.1 Datos Técnicos Terreno

CUADRO DE DATOS Y COORDENADAS UTM – WGS84					
VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	ÁNGULO	ESTE	NORTE
A	A - B	73.04	208° 59' 30"	690210.55	9242272.26
B	B - C	51.71	110° 49' 18"	690265.27	9242223.89
C	C - D	58.53	138° 13' 21"	690311.05	9242247.93
D	D - E	45.64	154° 52' 53"	690331.57	9242302.74
E	E - F	98.47	192° 14' 21"	690327.90	9242348.23
F	F - G	57.27	196° 42' 32"	690341.00	9242445.83
G	G - H	48.95	176° 51' 30"	690364.61	9242498.01
H	H - I	96.98	210° 28' 49"	690382.32	9242543.64
I	I - J	38.24	120° 50' 30"	690458.41	9242603.77
J	J - K	70.10	134° 29' 39"	690453.44	9242641.68
K	K - L	47.37	233° 45' 39"	690397.47	9242683.89
L	L - M	105.19	177° 11' 36"	690398.12	9242731.25
M	M - N	55.60	69° 15' 33"	690394.42	9242836.38
N	N - Ñ	113.33	168° 54' 17"	690343.14	9242814.87
Ñ	Ñ - O	89.72	177° 56' 52"	690249.02	9242751.73
O	O - P	40.46	173° 56' 28"	690176.35	9242699.12
P	P - Q	57.70	217° 46' 34"	690146.26	9242672.06
Q	Q - R	89.96	154° 35' 5"	690088.71	9242667.85
R	R - S	79.71	107° 1' 10"	690010.50	9242623.41
S	S - T	34.82	137° 47' 34"	690027.86	9242545.62
T	T - U	60.95	189° 37' 4"	690056.31	9242525.54
U	U - V	33.14	225° 34' 45"	690099.54	9242482.57
V	V - W	33.84	202° 14' 9"	690099.31	9242449.43
W	W - X	35.82	166° 56' 28"	690086.28	9242418.20
X	X - Y	23.43	184° 21' 16"	690080.32	9242382.88
Y	Y - Z	33.70	152° 15' 24"	690074.68	9242360.14
Z	Z - A1	16.76	198° 2' 20"	690082.72	9242327.42
A1	A1 - A2	63.07	107° 2' 30"	690081.48	9242310.70
A2	A2 - A	72.00	171° 12' 26"	690140.25	9242287.82
Centroide				690237.64	9242530.12
Área				14.65 Has	
Perímetro				1725.50 ml	

3.3. ANÁLISIS DE MECÁNICA DE SUELOS

El objetivo de este estudio de mecánica de suelos es conocer el comportamiento mecánico del suelo en el que va a construirse el relleno, mediante los resultados de los análisis de laboratorio de las siguientes características:

- _ Granulometría.
- _ Límites de consistencia.
- _ Clasificación de los suelos.
- _ Humedad.
- _ Permeabilidad.
- _ Contenido de Sales
- _ Capacidad de carga.

3.3.1. CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO

Se recomienda excavar pozos a cielo abierto con una profundidad máxima de dos metros; en caso de que se hayan realizado sondeos geofísicos, éstos se utilizarán para el muestreo de mecánica de suelos. El ancho de estos pozos será el suficiente para que una persona pueda introducirse a sacar muestras (entre 0.8 a 1.5 m). Existen dos tipos de muestreo que son el alterado y el inalterado. A continuación se describe cada uno de ellos.

Muestras alteradas

Estas deben recolectarse a medida que se procede a la perforación, intentando en lo posible preservar el contenido de humedad in situ. En general, las muestras alteradas se usan para la identificación del suelo y para pruebas de clasificación y calidad.

El procedimiento para la extracción de muestras alteradas es el siguiente:

- _ Una vez excavado el pozo, se procede a abrir una ranura vertical de sección uniforme de 20 cm. de profundidad y que llegue al fondo del mismo.
- _ El material obtenido se coloca en un bote de lámina que debe estar debidamente identificado con los siguientes datos: banco, fecha, pozo y profundidad.

Muestras inalteradas

Se debe tomar cuando menos una muestra inalterada del sitio por capas, cuyo punto de localización siempre es el centro del terreno elegido para el relleno sanitario.

Las muestras inalteradas, deben conservar las condiciones del suelo en su estado natural, por lo que su obtención, empaque y transporte requieren de cuidados especiales.

El procedimiento para la obtención, empaque y transporte de estas muestras es el siguiente:

Se debe limpiar y nivelar el terreno.

- _ Se introduce un tubo muestreador hasta donde la resistencia del terreno lo permita.
- _ Se excava alrededor del tubo muestreador para evitar la fricción de la cara exterior del tubo.
- _ Se introduce el tubo hasta los primeros 25 cm. u horizonte de suelo que se trabaje.
- _ Se recorta la muestra de suelo por su base y se enrasa al tamaño del tubo.
- _ Se protegen las bases de la muestra con vendas de manta impregnadas con parafina y brea.
- _ Se empaca la muestra en un cajón de madera con aserrín, papel o paja.
- _ Por último se identifica cada una de las muestras.

3.3.2. PARÁMETROS:

A continuación se explica algunos parámetros a tomarse en cuenta para el análisis:

- **Coefficiente de Permeabilidad (K).**

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$k = \frac{Q}{A} \left(\frac{\Delta h}{\Delta i} \right)$$

Donde:

K: es el coeficiente de permeabilidad, en cm./seg.

Q: es el caudal o flujo, en cm.3/seg.

A: es el área, en cm.2

$\Delta h/\Delta i$: es la pendiente hidráulica, en milésimas

El coeficiente de permeabilidad (K) para diferentes tipos de suelos, varía como se indica a continuación:

Cuadro 3.2 Coeficiente de permeabilidad k (cm./s)(Escala logarítmica)

k (cm./s)	10 ²	10 ¹	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno						Malo		Prácticamente impermeable			
Relleno sanitario	Pésimo									Bueno		
Tipo de suelo	Grava gruesa (cascajo)	Arena limpia arena mezclada Con grava		Arena muy fina, suelos orgánicos o inorgánicos, mezcla de limo arenoso y arcilla					Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización			
				Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización.								

Fuente: Jorge Jaramillo, Colombia, 2002.

Las pruebas de permeabilidad se clasifican como sigue:

En el campo.

- _ Pozos de absorción.
- _ Pozos de filtración.
- _ Pozos en material homogéneo.

En el laboratorio.

- _ Permeámetro de carga constante.
- _ Permeámetro de carga variable.
- _ Permeámetro de capilaridad horizontal

✓ **DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS EN EL CAMPO.**

Pozos de absorción

- _ Se excavan pozos de 20 x 30 x 30 cm., en lugares representativos.
- _ Estos pozos se espacian 50 m ó bien, se perforan cuatro en cada hectárea.
- _ Se raspa el fondo y las paredes para eliminar superficies sucias o grasosas.
- _ Cada pozo se llena con agua unas tres veces antes de tomar las lecturas, para saturar el terreno circundante. Se puede dejar el agua de toda una noche, con el mismo objeto, después de lo cual se vuelve a llenar con agua el pozo.

- Se determina el tiempo de infiltración como indicio de la permeabilidad. Esta prueba es representativa de una capa de material de un metro.
- Si el descenso total del agua se realiza en menos de una hora, se puede decir que el terreno es permeable e inadecuado. Si el agua tarda más de una hora en infiltrarse totalmente, el terreno puede ser bueno.
- Un manto es prácticamente impermeable si el agua tarda más de 24 horas en ser absorbida completamente.
- A partir del tiempo de infiltración se calcula el volumen de infiltración, en m^3/m^2 .

Pozos de filtración

Se excavan dos pozos a una distancia de un metro, se llenan de agua y así se mantienen con una diferencia de nivel de un metro. La permeabilidad de este caso se calcula por medio de redes de flujo.

Pozos en material homogéneo

Utilizando la fórmula de THIEMES se puede obtener el coeficiente de permeabilidad, cuando el material es homogéneo, excavando tres pozos e instalando en uno de ellos un equipo de bombeo y midiendo el abatimiento del nivel freático en los otros.

▪ Granulometría.

El análisis consiste en separar y clasificar por tamaños el material del suelo. A partir de la distribución de los granos es posible formarse una idea de la graduación del material; un material bien graduado (de todos tamaños) tiende a ser impermeable; una cantidad del 10% de partículas menores que pasa la malla N° 200 en arena y gravas puede hacer que el suelo sea virtualmente impermeable.

Los suelos gruesos cuando carecen de finos son permeables. A medida que una arena se hace más fina y más uniforme decrece su permeabilidad.

A partir del análisis granulométrico se obtienen el diámetro efectivo, la porosidad y el coeficiente de uniformidad.

3.3.3. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo, son los siguientes:

- **Contenido de Humedad**

El contenido de agua o humedad es la suma de aguas libre, capilar e hidrosférica, contenida en una masa de suelo que se determina en el laboratorio con una relación directa con el peso seco del suelo y expresado en porcentaje. La condición de suelo seco se consigue colocando éste en una estufa durante 24 horas a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, aunque hay suelos que necesitan más horas para secarse, por lo que es preferible secar las muestras hasta que no registre variación en su peso. Se dice que un suelo está saturado, si todos los huecos están completamente llenos de agua, por lo que el contenido de humedad puede ser 100% o más, como puede ser el caso de una arcilla saturada, un cieno o un suelo de turba.

- **Límites de Consistencia**

Las propiedades de los suelos arcillosos y los suelos de grano fino, pueden ser estudiadas por medio de pruebas simples, siendo las más usuales los Límites de Consistencia o Límites de ATTERBERG. Entendiéndose por consistencia el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Los Límites de Consistencia de un suelo son: Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Contracción; siendo este último de poco interés práctico, por lo que no se ha hecho su ensayo respectivo.

La determinación de estos Límites es un tanto arbitraria si se quiere, pero tiene la ventaja de dar una idea general acerca de las características físicas de un suelo, de ahí que su empleo se haya generalizado.

- ✓ **Límite Plástico.(AASHTO, Designación T-90-70)**

Es la frontera convencional entre los estados plástico y semi-sólido, donde un contenido de humedad por debajo de este límite se puede considerar un suelo como material no plástico. Atterberg rotaba un fragmento de suelo hasta convertirlo en un cilindro de espesor no especificado; el agrietamiento y desmoronamiento del rollito, en cierto momento, indicaba que había alcanzado el límite plástico midiendo su contenido de humedad.

Si se construyen terraplenes o sub-bases, deberá evitarse compactar el material cuando su contenido de humedad sea igual o mayor a su Límite Plástico, es decir, la capacidad para soportar cargas aumenta rápidamente cuando el contenido de humedad disminuye por debajo del límite plástico y disminuye rápidamente cuando el contenido de humedad sobrepasa el límite plástico.

✓ **Límite Líquido. (AASHTO- Designación T-89-68)**

El límite líquido de un suelo es aquel contenido de humedad bajo el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.

Es la frontera convencional entre los estados semi-líquido y plástico, que se le definió con una técnica de laboratorio, consistente en colocar el suelo moldeado en una cápsula y formando en él una ranura. Luego, golpeando secamente la cápsula contra una superficie dura, el suelo tenía su límite líquido cuando los bordes inferiores de la ranura se tocaban sin mezclarse ante cierto número de golpes.

✓ **Índice de Plasticidad**

Es la diferencia numérica entre el L.L. y el L.P.

El L.P. de un suelo es el campo de humedad, expresado como porcentaje del peso de suelo secado al horno, dentro del cual el suelo permanece plástico.

Cuando el L.L. o el L.P. no pueden determinarse, o cuando el L.P. es mayor que el L.L. el L.P. se incluirá como no plástico (NP).

▪ **C) Granulometría**

Llamado también Análisis Mecánico por Tamizado; tiene como finalidad determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo.

Las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentre comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo en forma correlativa para las fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de lo que le sigue correlativamente.

La muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes hasta la malla N° 200; los retenidos en cada malla se pesan y el porcentaje que representan con respecto al peso total de la muestra se suma a los

porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño, el complemento a 100% de esa cantidad del porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión. Así puede obtenerse una curva granulométrica.

✓ **Tipos de Análisis Granulométricos:**

- **Análisis por Mallas.-** Para partículas mayores de 0.074 mm, es decir que son retenidas en la malla N° 200.
- **Análisis por Sedimentación.-** Cuando el suelo contiene un apreciable porcentaje de material fino que pasa la malla N° 200. Este tipo de Análisis no es muy necesario, salvo en problemas de investigación.

NOTA.- La cantidad de la muestra depende del tipo de suelo que se va a cribar.

TIPO	CANTIDAD DE MUESTRA
<i>Suelo de Grano Fino</i>	<i>100 - 200grs</i>
<i>Suelo Arenoso</i>	<i>200 - 500grs</i>
<i>Suelo Gravoso</i>	<i>1 – 3 kg</i>

✓ **Diámetros Característicos:**

Se llaman así a los diámetros de la partícula correspondiente al 10%, 30% y 60% de material más fino en la Curva Granulométrica.

- **Coeficiente de Uniformidad:** Es la relación D_{60}/D_{10} es decir la relación entre el diámetro correspondiente al 60% y al 10% más fino, respectivamente, tomados de la Curva Granulométrica.

El Coeficiente de Uniformidad, es mayor de 4 en las gravas y mezclas gravo- arenosas, y mayor de 6 en los suelos arenosos o mezclas areno - gravosas, con poco o nada de material fino.

- **Coeficiente de Curvatura:** Es la relación:

$$\frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Dónde: D_{10} , D_{30} y D_{60} son los diámetros correspondientes al 10%, 30% y 60% de material más fino, respectivamente tomados de la Curva Granulométrica. Cuando el suelo está bien gradado, el Coeficiente de Curvatura estará comprendido entre 1 y 3.

▪ Porcentaje de Sales Totales

La presencia de sal en un suelo tiene efecto perjudicial cuando entra en contacto con el concreto armado, de allí la importancia que tiene la determinación del porcentaje de sal, que se obtiene en función de un volumen de agua destilada igual en peso al de la muestra a ensayar. Se tiene como recomendación práctica que el porcentaje de presencia de sal mayores a 0.30% requieren de ensayos químicos para la determinación de la naturaleza de las sales incluidas en un suelo y, por ende, tienen efecto de mayor consideración que se minimizan usando un adecuado tipo de cemento.

▪ Ensayo de Corte Directo

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga. Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (P_v) y luego una carga horizontal (P_h) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte.

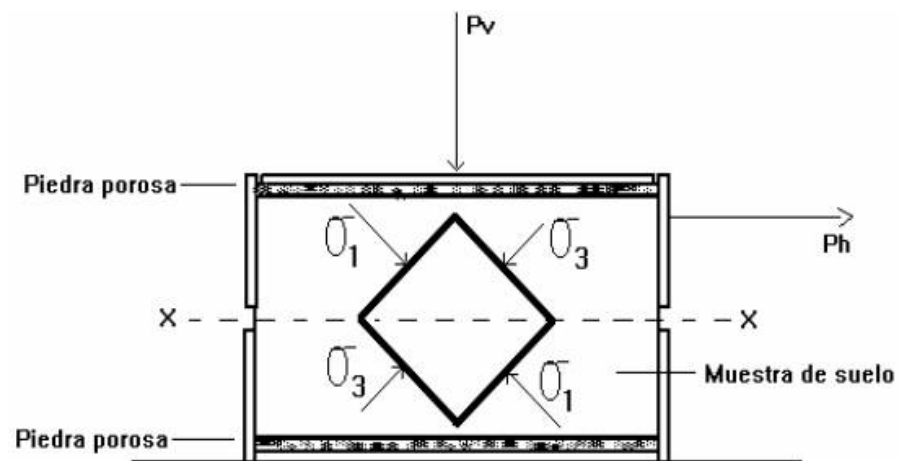


Figura 3.2 Esquema del aparato de corte directo

Fuente: Geotecnia LNV, 1993

El ensayo induce la falla a través de un plano determinado. Sobre este plano de falla actúan dos esfuerzos:

- _ Un esfuerzo normal (σ_n), aplicado externamente debido a la carga vertical (P_v).
- _ un esfuerzo cortante (τ), debido a la aplicación de la carga horizontal.

Estos esfuerzos se calculan dividiendo las respectivas fuerzas por el área (A) de la muestra o de la caja de corte y deberían satisfacer la ecuación de Coulomb: $\tau = c + \sigma_n \cdot \tan(\varphi)$

Según esta ecuación la resistencia al corte depende de la cohesión (c) y la fricción interna del suelo (φ).

Al aplicar la fuerza horizontal, se van midiendo las deformaciones y con estos valores es posible graficar la tensión de corte (τ), en función de la deformación (ϵ) en el plano de esta tensión de corte. De la gráfica es posible tomar el punto máximo de tensión de corte como la resistencia al corte del suelo.

Los valores de τ se llevan a un gráfico en función del esfuerzo normal (σ_n), obteniendo la recta intrínseca, donde τ va como ordenada y σ_n como abscisa. El ángulo que forma esta recta con el eje horizontal es el ángulo φ y el intercepto con el eje τ , la cohesión c.

- **Ensayo de permeabilidad.**

- ✓ **Permeámetro de carga constante**

- Se utiliza para suelos relativamente permeables como: grava, arenas y mezclas de arena y grava cuyos coeficientes de permeabilidad varían de 10^{-2} a 10^{-3} cm./seg.

- Permeabilidad por capilaridad horizontal.

- Se usa en materiales que tienen una permeabilidad comprendida entre 10^{-1} y 10^{-5} cm./seg. Es adecuada para ensayar con gran rapidez un buen número de muestras en el campo.

- ✓ **Permeámetro de carga variable**

- Esta prueba se utiliza para determinar el coeficiente de permeabilidad de suelos relativamente impermeables tales como: mezclas de arena, limos y arcillas, limos con arcillas o arcillas simplemente. El coeficiente de permeabilidad de estos suelos varía de 10^{-4} a 10^{-9} cm./seg.

3.3.4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DEL EMS:

- **Conclusiones del EMS**

- Nivel de profundidad de calicatas 2.0m, En toda la zona de estudio no se encontró la napa freática hasta esa profundidad.
- Según la clasificación SUCS el suelo predominante es de tipo SM (Arenas limosas, mezcla de arena y limo).

- **Resultados de los Ensayos de Laboratorio realizados:**

(VER ANEXO 03)

3.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio para el relleno sanitario esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

- **CICLO HIDROLÓGICO**

Los procesos que componen el ciclo hidrológico (Ver Figura 3.3), juegan un papel muy importante.

- ✓ **Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial tiene influencia en el diseño del relleno, ya que el conocimiento de ésta, en el sitio seleccionado, será importante para el diseño de los drenajes, el cálculo de volumen de lixiviados que se generará potencialmente, el cálculo de agua de escurrimiento superficial y finalmente ayuda al diseño de las áreas de trabajo en la operación del relleno sanitario.

En lo que respecta a la operación del relleno en tiempo de lluvias, puede hacer que el material de cobertura sea más difícil de esparcir y de compactar. Otro problema, es la dificultad en un momento dado que pueda ocasionar el tránsito de vehículos en los caminos del dentro del área. (De: SEDEU, 1981)



Figura 3.3 Ciclo Hidrológico del agua.

Fuente: John M. Evans, USGS, Colorado District

✓ **Evaporación**

La evaporación es el proceso por el cual las moléculas de agua en la superficie de ésta o humedad del suelo adquieren suficiente energía a través de la radiación del sol para escapar del estado líquido al estado gaseoso.

✓ **Transpiración**

La transpiración es el proceso por el cual las plantas pierden agua hacia la atmósfera. En muchas regiones es imposible medir separadamente la evaporación de la transpiración, porque en la actualidad se le ha dado por llamarlos evapotranspiración.

✓ **Evapotranspiración**

Del agua que es precipitada sobre la tierra, una gran cantidad es regresada a la atmósfera, como vapor, a través de la acción combinada de la evaporación y la transpiración.

El proceso de la evapotranspiración interviene también en el cálculo de lixiviado y en los cálculos de evaporación de los mismos, lo cual será tratado en su capítulo correspondiente.

▪ **DATOS DE PRECIPITACIÓN**

CUADRO 3.3 PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES: mm

ESTACIÓN: OYOTUN

LATITUD: 06° 51' 50,9"

DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE

LONGITUD: 79° 19' 23,7"

PROVINCIA: CHICLAYO

CATEGORÍA: C.O.

ALTITUD: 221 msnm

DISTRITO: OYOTUN

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1977	0.00	22.20	76.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.60
1978	0.00	2.20	76.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.60
1979	0.00	6.30	23.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.10
1980	0.00	0.00	18.70	4.20	0.00	0.60	0.50	0.00	0.00	13.20	1.40	5.40	44.00
1981	6.20	51.40	40.30	13.70	3.80	17.60	8.00	8.60	0.00	24.40	5.40	3.50	182.90
1982	6.20	51.40	40.30	13.70	3.80	17.60	8.00	8.60	0.00	24.40	5.40	3.50	182.90
1983	149.90	216.50	527.30	264.70	262.80	39.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	S/D	1463.30
1984	17.50	13.80	62.50	9.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	103.50
1985	5.50	5.40	7.90	0.00	0.00	0.00	0.50	4.00	8.10	0.00	0.00	7.40	38.80
1986	0.50	3.30	6.50	21.10	9.10	0.00	0.00	0.00	0.70	19.30	19.30	5.30	85.10
1987	10.80	60.10	19.00	16.60	0.00	2.90	2.10	13.70	0.00	0.00	0.00	4.00	129.20
1988	20.40	66.40	44.60	8.80	0.00	3.00	0.00	3.90	0.00	4.30	3.70	2.00	157.10
1989	25.30	39.60	9.10	7.50	2.80	6.90	7.40	7.60	10.30	18.40	0.00	1.60	136.50
1990	8.00	8.70	4.40	8.40	4.10	0.00	0.00	0.00	2.80	10.00	6.20	2.30	54.90
1991	1.60	5.50	12.20	0.00	0.30	2.70	0.00	3.80	0.00	0.00	2.90	5.40	34.40
1992	3.90	9.30	103.00	8.30	1.90	0.00	0.00	0.00	7.20	10.40	0.00	S/D	144.00
1993	14.80	43.90	79.10	28.80	3.10	0.00	1.50	0.00	0.00	11.00	1.50	0.00	183.70
1994	17.00	43.80	62.60	8.00	8.50	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	28.50	187.00
1995	28.90	58.80	13.90	0.00	13.20	0.00	19.00	0.00	8.20	17.00	0.00	2.00	161.00
1996	0.00	46.90	5.20	6.60	0.00	3.00	0.00	T	0.00	2.20	0.00	0.00	63.90
1997	T	48.90	40.40	32.30	T	0.00	0.00	0.00	2.40	2.60	79.80	138.70	345.10
1998	521.20	868.70	1012.00	192.50	20.60	11.30	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	2.00	2631.30
1999	81.60	183.70	16.10	108.00	46.90	14.60	16.20	0.00	17.80	8.40	0.00	11.50	504.80
2000	4.90	34.00	74.40	80.00	41.70	12.80	0.00	0.00	20.60	2.80	4.80	48.60	324.60
2001	57.30	29.20	284.80	119.10	0.00	11.10	1.00	0.00	19.40	0.00	7.00	45.40	574.30
2002	0.00	115.30	101.50	46.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	6.30	7.40	279.60
2003	9.00	32.00	0.80	9.00	3.30	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	11.80	71.60
2004	2.90	18.80	18.30	9.30	3.30	0.00	0.60	0.00	4.50	7.70	2.60	15.60	83.60
2005	0.90	17.10	24.30	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.30	5.20	0.00	69.50
2006	31.70	28.40	105.70	6.20	0.00	1.90	0.00	0.00	5.00	0.00	4.70	7.00	190.60
PROMEDIO	34.20	71.05	97.05	34.39	14.31	5.23	2.16	1.67	3.57	6.50	5.72	11.96	287.82

T = Trazas

FUENTE: SENAMHI

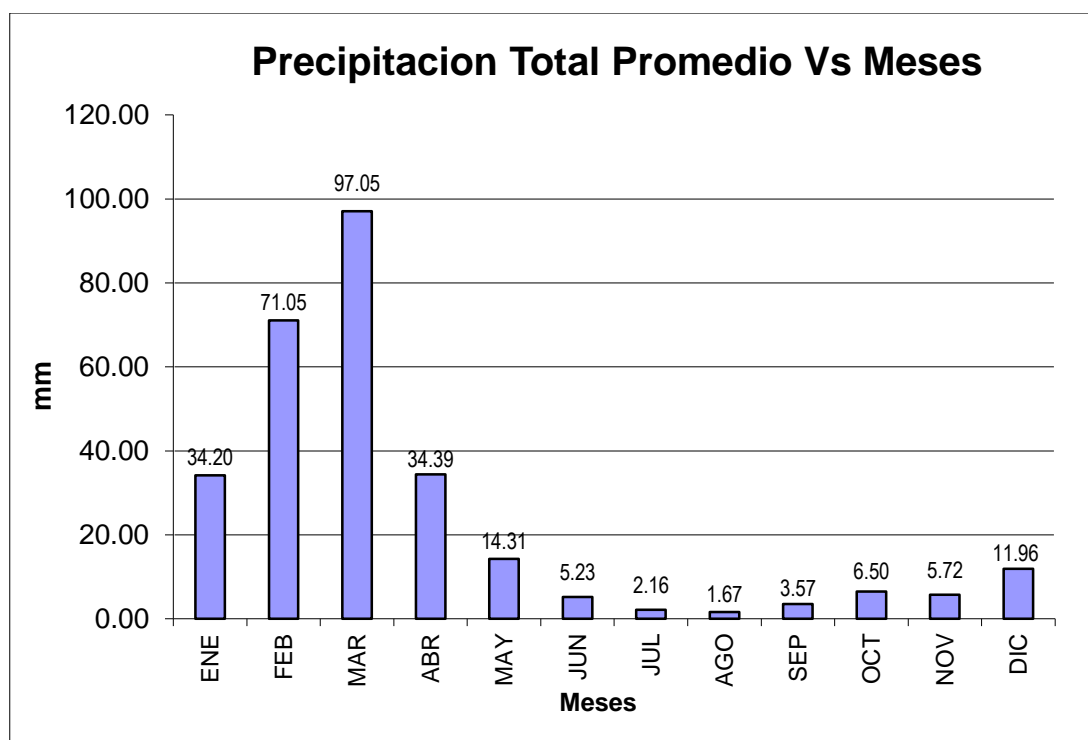


Figura 3.4 Variación de la Precipitación total media durante los meses del año

CUADRO 3.4 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS : mm

ESTACIÓN: OYOTUN

LATITUD: 06° 51' 50"

DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE

LONGITUD: 79° 19' 19"

PROVINCIA: CHICLAYO

CATEGORÍA: C.O.

ALTITUD: 180 msnm

DISTRITO: OYOTUN

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAX. ANUAL
2010	1.0	23.2	31.5	6.0	1.5	0.7	1.0	3.2	1.4	11.8	3.5	0.6	31.5
2011	7.0	10.4	5.7	7.3	1.0	0.4	1.7	0.0	4.1	3.9	1.0	3.7	10.4
2012	4.5	20.1	18.4	12.8	2.3	1.1	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	-	20.1
2013	2.6	9.9	25.2	2.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	25.2
2014	1.5	2.9	4.4	7.5	6.5	0.0	0.0	0.0	8.4	0.0	3.6	-	8.4

FUENTE: SENAMHI

▪ **Análisis de datos históricos de precipitación - estación Oytún:**

- _ La precipitación total promedio es de: 287.82 mm/año
- _ Durante los meses de diciembre a mayo se registra más del 90% de la precipitación anual total (262.96 mm), siendo el mes de marzo el más lluvioso.
- _ Los meses con menor registro de precipitación corresponden de junio a noviembre, con una precipitación total promedio de 4.14 mm/mes, siendo agosto el mes con menor registro de precipitación (1.67mm/mes).

Cuadro 3.5 Valores de Precipitación en Función del Tiempo de Retorno

(Software HidroEsta - Distribución Gumbel)

PRECIPITACIÓN MAXIMA EN 24 HORAS (mm)	
Período de retorno (años)	Precipitación (mm)
5	26.15
10	31.87
15	35.10
20	37.36
25	39.10

▪ **Sistema hidrográfico**

La zona del proyecto de relleno sanitario pertenece a la cuenca del río Zaña y este a su vez al sistema hidrográfico de la vertiente del océano pacífico.

La cuenca del río Zaña, presenta un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el océano pacífico de 1 754.7 km², una altitud media de 1117 msnm., con una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura de 125.3 km, y una pendiente promedio de 2.84%.



Figura 3.5 Ubicación del Proyecto de Relleno Sanitario en la Cuenca del Río Zaña

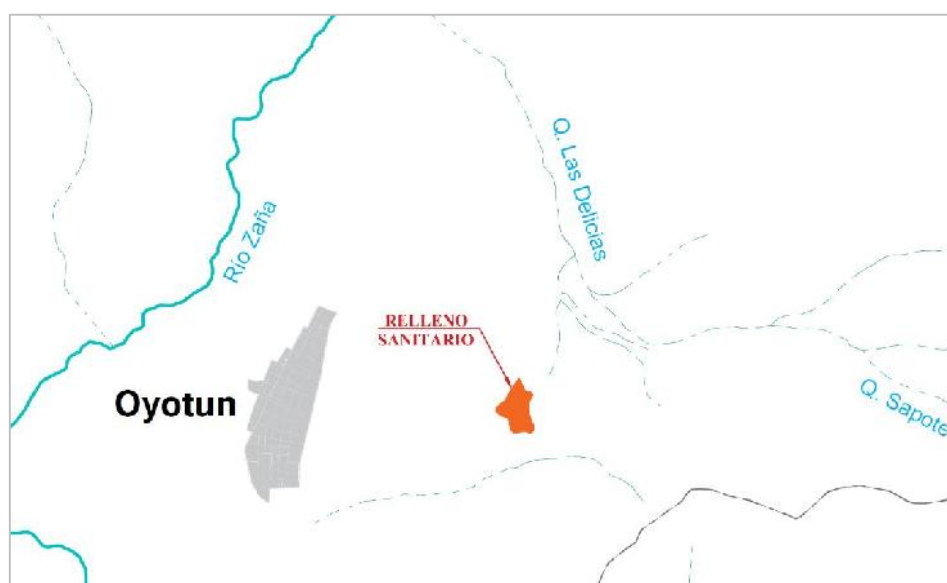


Figura 3.6 Hidrología de la Zona Aledaña al Relleno Sanitario

El relleno sanitario se encuentra alejado de fuentes de agua (En Terreno inclinado, distante de cauces de ríos).

La quebrada las Delicias (Q. Seca), que es donde la escorrentía superficial de la zona le aporta caudal en temporadas de fuertes lluvias, solamente se pone en actividad durante estos periodos.

3.5. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

3.5.1. RESIDUOS ACEPTABLES E INACEPTABLES EN UN RELLENO SANITARIO MANUAL.

La mayoría de los residuos sólidos generados por fuentes domiciliarias, comerciales, institucionales y agrícolas podrán disponerse en un relleno sanitario manual con un riesgo mínimo de poner en peligro directa o indirectamente la salud humana y la calidad del ambiente.

Esta generalización no comprende los residuos industriales los que deberán examinarse cuidadosamente para evaluar si requieren un manejo y métodos especiales de disposición en el suelo.

Es importante recordar que los rellenos sanitarios manuales no están diseñados para aceptar y procesar residuos peligrosos, los que deben disponerse en rellenos especialmente diseñados para ello.

Los residuos inaceptables deben identificarse en el plan de operación del relleno sanitario y se debe proporcionar una lista de estos residuos sólidos a los usuarios y clientes.

Los residuos de establecimientos de salud y los residuos de lodos de aguas residuales que no han recibido tratamiento previo califican como inaceptables por razones de concentración y grado de peligro.

En el cuadro que se muestra a continuación se presenta los tipos de riesgo o peligros de diferentes residuos que califican como inaceptables en un relleno sanitario manual:

Cuadro 3.6 Tipos de residuos que representan riesgos y peligros potenciales a un relleno sanitario

Tipo de residuos	Tipo general de riesgos o peligros			
	Tóxicos	Explosivos / Inflamables	Patógenos	Radioactivos
Residuos sólidos				
Putrescibles			X	
Voluminosos y combustibles		X		
Voluminosos y no combustibles	X	X		
Pequeños y combustibles		X		
Pequeños y no combustibles		X		
Latas, botellas, cilindros no vaciados	X	X	X	X
Cilindros con gas		X		
Polvos	X	X		
Residuos patógenos	X		X	X
Lodos	X			
Escombros	X	X		
Vehículos abandonados		X		
Residuos radiológicos				X
Residuos líquidos*				
Aguas residuales	X		X	
Aguas contaminadas	X			X
Compuestos orgánicos líquidos	X	X	X	
Breas	X	X		
Lodos	X			
Residuos gaseosos*				
Olorosos	X	X		
Partículas combustibles		X		
Vapores orgánicos	X	X		
Gases ácidos	X	X		

Fuente: "Guía para Rellenos Sanitario en Países en Desarrollo", 1997

3.5.2. INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA

▪ Clase de residuos a manejar:

Residuos Sólidos Municipales

- _ Residuos Sólidos Domiciliarios
- _ Residuos Sólidos No Domiciliarios (que califiquen como aceptables)

▪ Cantidad de residuos a manejar:

Según el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos del Distrito de Oytún (ECRS), se tiene:

Cuadro 3.7 Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios

Distrito	Año	Población Urbana	GPC (Kg/hab./día)	Generación Domiciliaria (Ton/día)	Generación Domiciliaria (Ton/año)
OYOTUN	2015	5788	0.436	2.524	921.102

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.8 Generación de Residuos Sólidos No Domiciliarios

Establecimientos	Unidad	Producción	Numero Totales	Generación de residuos (Kg/día)	Generación de residuos (Tn/día)	Generación de residuos (Kg/año)	Generación de residuos (Tn/año)
Bodegas	(kg/est./día)	1.52	14	21.3	0.0213	7767	7.767
Restaurantes	(kg/est./día)	2.45	10	24.5	0.0245	8943	8.943
Instituciones	(kg/est./día)	1.25	12	15.0	0.0150	5475	5.475
Hospedajes	(kg/est./día)	4.20	2	8.4	0.0084	3066	3.066
Centro de salud	(kg/est./día)	2.35	2	4.7	0.0047	1716	1.716
Puestos de mercado	(kg/est./día)	1.32	40	52.8	0.0528	19272	19.272
Talleres	(kg/est./día)	1.27	8	10.2	0.0102	3708	3.708
Agencias	(kg/est./día)	1.75	5	8.8	0.0088	3194	3.194
Centro de Diversión	(kg/est./día)	5.24	3	15.7	0.0157	5738	5.738
Locales Públicos	(kg/est./día)	1.75	5	8.8	0.0088	3194	3.194
Centro Religioso	(kg/est./día)	0.56	2	1.1	0.0011	409	0.409
Barrido de calles	(kg/calle/día)	2.54	21	53.3	0.0533	19469	19.469
Institución educativa	(kg/alum/día)	0.21	620	132.7	0.1327	48428	48.428
Producción Total			744	357.2	0.3572	130378	130.378

Fuente: Perfil técnico aprobado "Mejoramiento de La Gestión Integral del Plan Residuos Sólidos Municipales en Oytún, Distrito De Oytún - Chiclayo – Lambayeque" (SNIP: 304069).

Cuadro 3.9 Resumen Generación total de residuos sólidos municipales

GENERACIÓN / SECTOR	Ton/día	Ton/año
Generación de residuos sólidos domiciliarios	2.524	921.102
Generación de residuos sólidos no domiciliarios	0.357	130.378
Generación Total de residuos sólidos Municipales	2.881	1051.480

Por tanto se tiene que la generación de residuos municipales es de **2.881 ton/día** (año 2015) y representa el: 1.14* RSD.

Nota: Para el presente estudio se consideró **RSM=1.30*RSD** (Según “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado”; RSM = (1.24 – 1.3)*RSD, del MINAM -Perú).

▪ **Composición de residuos:**

(Ver Cuadro 2.8)

▪ **Precipitación pluvial:**

(Ver Cuadro 3.3 y Cuadro 3.4)

▪ **Temperatura ambiental:**

Es necesario datos de temperatura de promedios máximos mensuales como mínimo de dos (02) años consecutivos⁴.

Cuadro 3.10 Temperaturas Máximas y Mínimas – Estación Oyotún

Departamento: Lambayeque
Provincia: Chiclayo
Distrito: Oyotún

Latitud: 06° 51' 50"
Longitud: 79° 19' 19"
Altitud: 180 Msnm

Temperatura Promedio Máxima(°C)													
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2010	31.2	31.6	31.3	30.9	29.2	28.2	28.6	28.5	27.4	26.7	27.7	30.3	29.3
2011	31.5	32.1	32.4	30.5	28.7	28.1	27.9	28.8	28.3	27.9	29.1	30.7	29.7
Prom.	31.3	31.8	31.8	30.7	28.9	28.1	28.3	28.7	27.9	27.3	28.4	30.5	29.5
Temperatura Máxima Absoluta (°C)													
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max. Abs.
2010	34.8	36.4	36.2	34.0	32.0	29.8	31.2	31.8	30.2	29.0	29.0	32.0	36.4
2011	33.4	34.8	34.8	32.6	30.6	31.2	30.4	31.4	30.4	30.8	31.0	33.0	
Temperatura Promedio Mínima (°C)													
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2010	21.6	22.4	21.8	20.4	18.1	15.5	13.6	13.3	14.1	14.2	14.7	17.7	17.3
2011	20.1	21.1	20.3	19.6	17.5	17.2	15.1	14.3	14.3	14.5	16.7	18.5	17.5
Prom.	20.8	21.8	21.1	20.0	17.8	16.4	14.4	13.8	14.2	14.3	15.7	18.1	17.4
Temperatura Mínima Absoluta (°C)													
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min. Abs.
2010	20.0	21.0	21.0	18.0	15.8	14.0	11.6	11.2	12.8	12.4	12.0	15.0	11.0
2011	17.0	19.2	18.0	18.0	15.8	15.2	12.8	13.4	13.2	11.0	14.4	15.8	

Fuente: SENAMHI

⁴ “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”-MINAM -Perú.

Para un registro de temperaturas de 02 años (2010-2011) se tiene que:

- _ La Temperatura Máxima Promedio es de : 29.5 °C
- _ La Temperatura Máxima Absoluta es de : 36.4 °C
- _ La Temperatura Mínima Promedio es de : 17.4 °C
- _ La Temperatura Mínima Absoluta es de : 11.0 °C

▪ **Velocidad y dirección de vientos:**

Esta información es necesaria para la ubicación del área administrativa del proyecto, definir el uso cortinas de viento para el control de dispersión de olores y/o materiales o residuos volátiles.

Cuadro 3.11 Velocidad y dirección de vientos – Estación Oyotún

Departamento:	Lambayeque	Latitud:	06° 51' 50"
Provincia:	Chiclayo	Longitud:	79° 19' 19"
Distrito:	Oyotún	Altitud:	180 Msnm

Velocidad Promedio del Viento													
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.
2010	3.7	3.4	2.7	3.1	4.9	5.9	6.6	6.5	6.7	6.3	6.5	6.1	5.2
2011	5.5	4.6	5.9	4.1	5.0	4.9	5.4	5.2	5.8	5.0	5.3	5.0	5.1
Prom.	4.6	4.0	4.3	3.6	5.0	5.4	6.0	5.8	6.2	5.7	5.9	5.5	5.2
Dirección Predominante del Viento													
Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Predomin.
2010	SW	SW	W	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
2011	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW
Predomin.	SW	SW	W/SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW

Fuente: SENAMHI

De los datos anteriores se tiene que:

- _ La velocidad promedio del viento es de: 5.2 m/s (18.7km/h)
- _ La dirección predominante del viento es: SW (sur Oeste)

▪ **Perfil topográfico del terreno:**

(VER ANEXO 04 – PLANO DE PERFILES DEL TERRENO)

▪ **Coefficiente de permeabilidad del suelo:**

(VER ANEXO 03 - EMS)

▪ **Tipo de suelo:**

Del EMS se obtuvo que el suelo predominante es de tipo SM (Arenas limosas, mezcla de arena y limo).

3.5.3. SELECCIÓN DEL MÉTODO

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario, que se describen a continuación:

Método de trinchera o zanja

Método utilizado generalmente en terrenos con pendientes planas y suelos no rocosos para su fácil excavación, donde el nivel freático se encuentra a buena profundidad.

Este método consiste en la excavación de zanjas con determinadas dimensiones, de acuerdo al diseño y a lo descrito en el expediente técnico, empleando para ello maquinaria pesada como retroexcavadora o un tractor de orugas. Previo a su uso, estas trincheras o zanjas deben ser habilitadas con dispositivos que permitan controlar y prevenir la infiltración de lixiviados mediante la impermeabilización del terreno y construcción de drenes de recolección. Los residuos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con material apropiado que cumplan con las características establecidas en la norma sanitaria vigente.

Para zonas de alta precipitación se debe tener especial cuidado en el manejo de las aguas de escorrentía, ya que pueden ingresar a las trincheras (celdas) incrementando la cantidad del líquido percolado y deteriorando el sistema, por lo que el proyecto debe considerar alternativas de manejo.

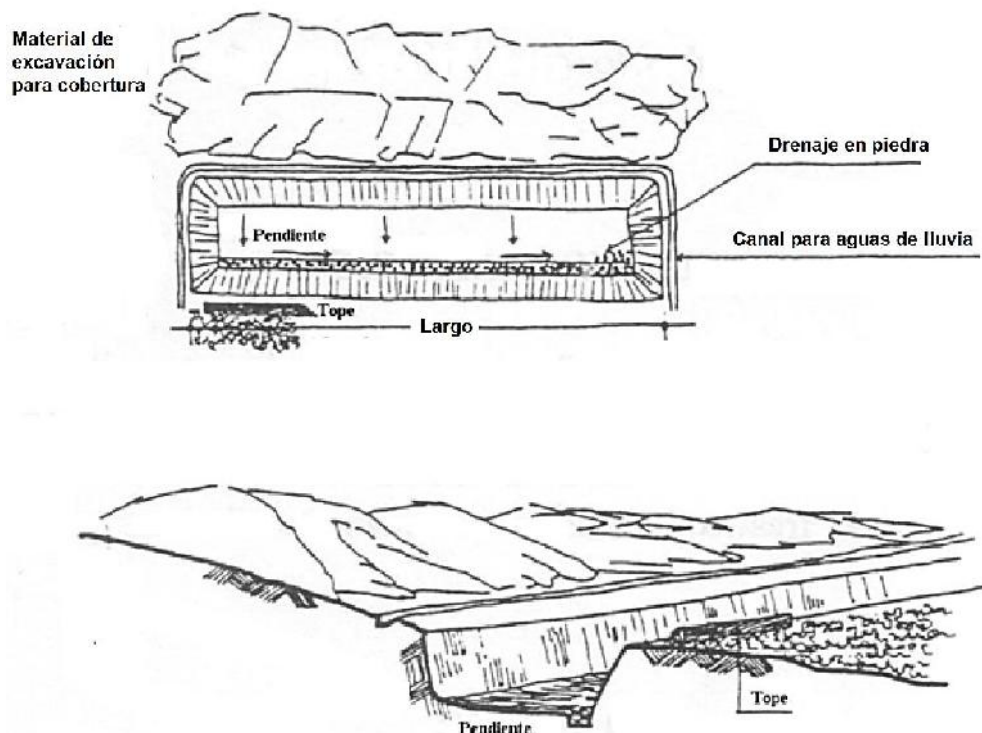


Figura 3.7 Método de trinchera para construir un relleno sanitario.

Método de área

Método aplicado en terrenos o áreas planas a semi planas, donde no sea factible excavar zanjas o trincheras para disponer y confinar los residuos.

El suelo natural dependiendo de sus características y permeabilidad debe ser acondicionado y nivelado previo a la disposición de residuos. En estos casos, se debe tener identificado la fuente de donde se extraerá el material de cobertura según las características y cantidad necesaria. Las celdas se construirán con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno hasta la altura proyectada.

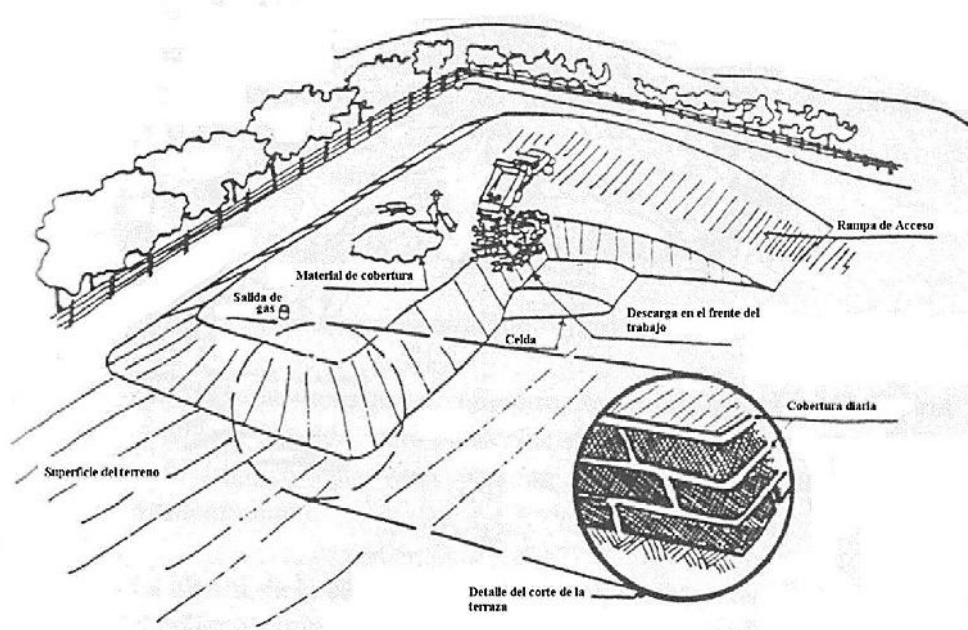


Figura 3.8 Método de área para construir un relleno sanitario.

Método mixto o combinado

Los métodos mixtos o combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista éste en el sitio) y aumentan la vida útil del sitio.

En algunos casos cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, se pueden combinar los dos métodos anteriores, por ejemplo, se inicia con el método de trinchera y posteriormente se continúa con el método de área en la parte superior (Figura 3.9).

Otra variación del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavado el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellena.

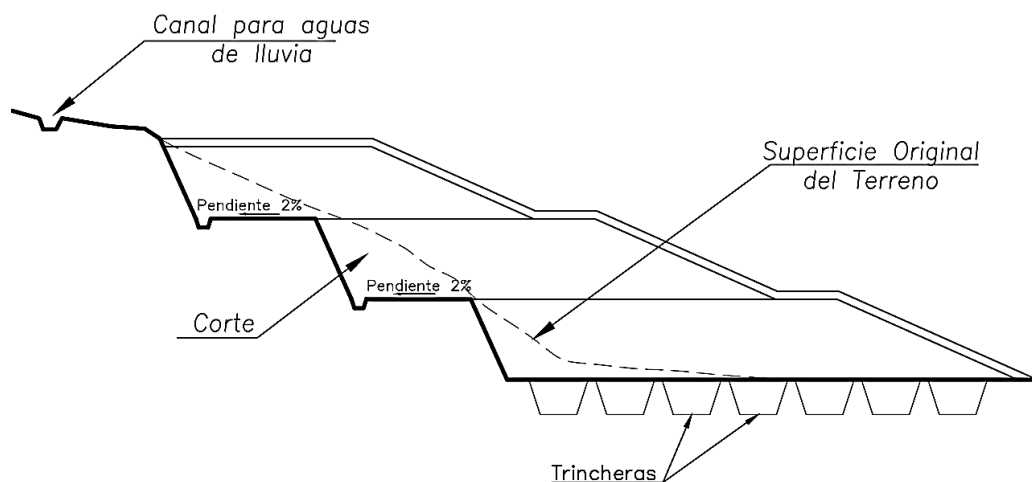


Figura 3.9 Método combinado (área y trinchera).

Teniendo en cuenta el estudio topográfico del terreno (relieve combinado entre ondulado y escarpado) y el análisis de mecánica de suelos (suelo areno limoso, sin registro de nivel freático Prof. 2.0m); se empleará el **MÉTODO COMBINADO**, para el diseño del relleno sanitario (Se iniciara con el método de trinchera y se continuara con el método del área).

3.5.4. CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA

El área requerida para el relleno Sanitario estará determinado principalmente por: la vida útil del proyecto, la población urbana proyectada, la generación percapita de residuos sólidos del distrito, la topografía del terreno y el método a emplearse (método combinado: área y trinchera).

- **Vida útil:** 20 años
- **Crecimiento poblacional**

Es la población correspondiente a cada año proyectado, para nuestro caso se empleó la siguiente fórmula:

$$PF = Pi * (1 + r)^n$$

Donde:

- Pi : Población actual
- r : Tasa de crecimiento Poblacional
- n : (t final – t inicial) intervalo en años
- PF : Población Futura

Cuadro 3.12 Población Urbana Oyotún

Distritos	Población urbana		TCP (r)	Población Urbana 2015
	Censo 1993	Censo 2007		
OYOTUN	5075 (*)	5518 (*)	0.5996%	5788

(*)Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática - INEI.

Cuadro 3.13 Proyección de la Población Urbana - Oyotún

Año		Población (Hab.)
0	2015	5788
1	2016	5823
2	2017	5858
3	2018	5893
4	2019	5928
5	2020	5964
6	2021	6000
7	2022	6036
8	2023	6072
9	2024	6108
10	2025	6145
11	2026	6182
12	2027	6219
13	2028	6256
14	2029	6294
15	2030	6331
16	2031	6369
17	2032	6407
18	2033	6446
19	2034	6485
20	2035	6523

Fuente: Elaboración Propia

▪ **Volumen requerido por año en el relleno sanitario**

El CUADRO 3.14 resume las consideraciones y/o variables necesarias para calcular el volumen requerido por año en el relleno sanitario.

Cuadro 3.14 Cálculo del Volumen Requerido por Año en el Relleno Sanitario

1	2	3	4	5	6	7	8
Años	Población (Hab.)	Generación Percapita (Kg/Hab/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (Ton/día)	Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios (Ton/Año)	Generación de Residuos Sólidos Municipales (Ton/Año)	Volumen de Residuos Sólidos Municipales (m3/Año)	Volumen de RRSS Municipales+ Material de Cobertura (MC) (m3/Año)
0	5788	0.436	2.52	921.10	1,197.43	2,177.15	2,721.44
1	5823	0.440	2.56	935.94	1,216.72	2,212.22	2,765.27
2	5858	0.445	2.61	950.98	1,236.27	2,247.77	2,809.71
3	5893	0.449	2.65	966.23	1,256.10	2,283.81	2,854.77
4	5928	0.454	2.69	981.69	1,276.19	2,320.35	2,900.44
5	5964	0.458	2.73	997.53	1,296.78	2,357.79	2,947.23
6	6000	0.463	2.78	1,013.58	1,317.66	2,395.74	2,994.67
7	6036	0.467	2.82	1,029.86	1,338.82	2,434.21	3,042.77
8	6072	0.472	2.87	1,046.36	1,360.27	2,473.22	3,091.53
9	6108	0.477	2.91	1,063.09	1,382.02	2,512.76	3,140.95
10	6145	0.482	2.96	1,080.23	1,404.29	2,553.26	3,191.58
11	6182	0.486	3.01	1,097.60	1,426.88	2,594.32	3,242.90
12	6219	0.491	3.06	1,115.21	1,449.77	2,635.95	3,294.94
13	6256	0.496	3.10	1,133.06	1,472.98	2,678.15	3,347.69
14	6294	0.501	3.15	1,151.34	1,496.75	2,721.36	3,401.70
15	6331	0.506	3.20	1,169.69	1,520.60	2,764.73	3,455.91
16	6369	0.511	3.26	1,188.48	1,545.03	2,809.14	3,511.42
17	6407	0.516	3.31	1,207.53	1,569.79	2,854.16	3,567.70
18	6446	0.522	3.36	1,227.03	1,595.14	2,900.25	3,625.31
19	6485	0.527	3.42	1,246.80	1,620.83	2,946.97	3,683.72
20	6523	0.532	3.47	1,266.64	1,646.64	2,993.88	3,742.35
Total							67,334.01 m3

Fuente: Elaboración Propia

Explicación del cuadro de cálculo de volumen:

✓ **Años:**

Número de años tomados en cuenta para la proyección de generación de residuos sólidos.

De acuerdo a la normatividad vigente el periodo de vida útil del relleno sanitario no puede ser menor a 05 años, sin embargo debemos añadir que para efectos de recuperación de la inversión necesaria para las etapas de habilitación, construcción operación y cierre se recomienda que dicho período no debe ser menor a 10 años.

Para el presente estudio se consideró una vida útil de **20 años**

✓ **Población:**

Es la población correspondiente a cada año proyectado (Ver Cuadro 3.13)

✓ **Generación per cápita de residuos domiciliarios:**

Según el estudio de caracterización realizado la $G_{pc} = 0.436 \text{ Kg./hab./día}$. Se recomienda calcular la generación per cápita total futura para cada año proyectado, con incremento de 0.5 a 1% anual (Jaramillo, 2002).

Se ha considerado un incremento de 1% anual de la G_{pc} para cada año proyectado.

✓ **Generación de residuos sólidos domiciliarios (Ton/día):**

Es el resultado de multiplicar las columnas 2 y 3.

✓ **Generación de residuos sólidos domiciliarios (Ton/año)**

Es el peso en toneladas de los residuos generados durante un año (365 días)

✓ **Generación de residuos sólidos municipales (Ton/año)**

$$\text{RSM} = 24\% \text{ a } 29,3\% \text{ más que los RSD} \text{ ó } \text{RSM} = (1.24 - 1.3) * \text{RSD}^5$$

Se consideró para el presente cálculo: $\text{RSM} = 1.3 * \text{RSD}$

✓ **Volumen de residuos sólidos municipales (m3/año)**

Es el cociente de dividir la columna 6 con la densidad de compactación de los residuos sólidos municipales.

Cuadro 3.15 Densidad de Diseño de la celda diaria y del relleno sanitario manual

Diseño	Densidad kg/m^3
• Celda diaria (basura recién compactada manualmente)	400 - 500
• Volumen del relleno (basura estabilizada en el relleno manual)	500 - 600

Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales - OPS

Para el presente proyecto se ha considerado las siguientes densidades:

- _ Densidad compactada de Residuos en celda diaria: 450 kg/m^3
- _ Densidad compactada de Residuos para Cal. Volumen Relleno: **550 kg/m^3**

⁵ "Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual"-MINAM -Perú.

✓ **Volumen de residuos sólidos municipales + material de cobertura (m³/año)**

Resultado de la suma de la columna 7 con el material de cobertura utilizado para los residuos sólidos municipales. Para efectos del presente cálculo se considera:

$$\% \text{ Material de cobertura} = 25\% \text{ RSM}^*$$

*10 a 25% de volumen de residuos sólidos, Manual de Ingeniería de Residuos sólidos Industriales y Urbanos, España, 1991, y valores de 20 a 25% de los residuos sólidos.⁶

▪ **Dimensionamiento de Trinchera.**

Para efectos de la operación manual, las dimensiones de la zanja estarán limitadas por:

- _ La profundidad de la zanja, que debe ser de 2 a 4 metros de acuerdo con el nivel freático, tipo de suelo y de equipo y costos de excavación⁷.
- _ El ancho de la zanja, que debe medir entre 3 y 6 metros (ancho del equipo). Esto es conveniente para evitar el acarreo de larga distancia de la basura y el material de cobertura, lo cual implica mejores rendimientos de trabajo. Así, la operación puede ser planeada dejando un lado para acumular la tierra y el otro para la descarga de los RSM. Dependiendo del grado de compactación y del clima, se puede usar la superficie de una zanja terminada para la descarga de los residuos.

✓ **Diseño de taludes**

- _ Taludes en corte

Teniendo en cuenta que para la construcción de un relleno sanitario manual se recomienda que el terreno sea de un material relativamente impermeable (arena fina mezclada con limo, arcilla) y que las alturas del corte (H) sean menores de 5 metros se puede establecer como norma que no se requieren estudios de estabilidad para definir el talud más apropiado.

⁶, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Jaramillo-2002.

⁷ "Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales", Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental.

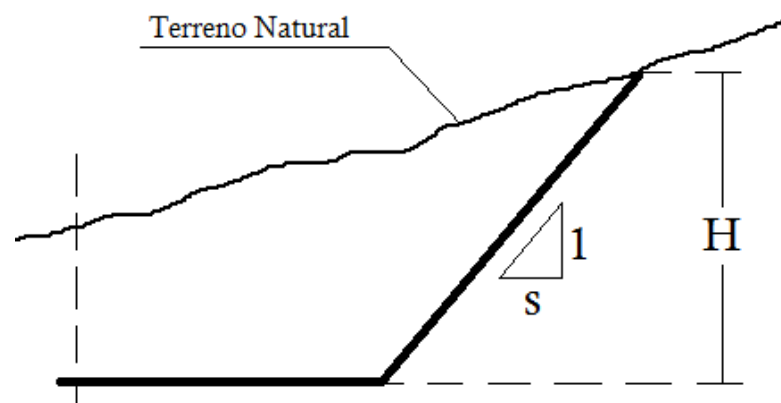


Figura 3.10 Talud de Corte

– Taludes en terraplén

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción, selección y colocación del material que forma el relleno (lleno en tierra), el valor que comúnmente se usa en taludes es el 1.5:1.

Cuadro 3.16 Taludes recomendados en corte

Tipo de material	Talud recomendable S altura del corte H (m) hasta 5 m	Observaciones
1. Arenas limosas y limos compactos	$\frac{1}{2}$	$k = 10^{-7}$ cm/s. Descopetar 1:1 la parte superior más intemperizada. Si son materiales fácilmente erosionables, deberá proyectarse talud 1:1
2. Arenas limosas, limo poco compacto	$\frac{1}{4}$	$k = 10^{-7}$ cm/s contracuneta impermeable. Descopetar 1,5:1 la parte más intemperizada
3. Arenas limosas y limos muy compactos	$\frac{1}{4}$	$k = 10^{-7}$ cm/s. Descopetar la parte superior suelta
4. Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas	$\frac{1}{2}$	$k = 10^{-8}$ cm/s. Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua, construir subdrenaje
5. Arcillas blandas expansivas	1	$k = 10^{-8}$ cm/s
Fuente: Tomado y adaptado de Secretaría de Obras Públicas, Departamento de Antioquia, Colombia.		

Para Arenas Limosas se tiene un talud de $S=1/2$ (0.5:1).

Para el presente proyecto se consideró las siguientes características de Trinchera o Zanja:

Sección:	Trapezoidal
Talud de Corte (H: V)	0.5:1
Profundidad de Trinchera:	3.45 m
Ancho de Fondo:	3.55 m
Largo superior	45 m

Por tanto se tiene:

Cuadro 3.17 Capacidad volumétrica de la trinchera

Parámetro/Formula	Unidad de Medida	Cantidad
Largo superior (ls)	m	45.00
Altura = h	m	3.45
Ancho inferior (ai)	m	3.55
Talud de la trinchera (V)		1.00
Talud de la trinchera (H)		0.50
Ancho superior (as)= ai + 2 x hH	m	7.00
Largo Inferior (li) = ls - 2 x hH	m	41.55
Área superior (As) = ls x as	m ²	315.00
Área Inferior (Ai) = li x ai	m ²	147.50
Volumen Útil de Diseño (VUD)= (As+Ai)/2 *h	m ³	797.82

Volumen de Residuos a Disponer por mes (VRDm) 267.20 m³/mes(promedio)

Vida útil de una Trinchera (VUD/VRSM): **3.0 meses**

✓ **Datos técnicos de la Trinchera o Zanja**

- _ La impermeabilización será mediante el uso de Geomembrana (e=1mm), debido a que el suelo de fundación (SM) presenta una permeabilidad media.
- _ En el terreno se proyectan 20 Trincheras de ancho = 7 m y largo = 45 m, que estarán distribuidas en una plataforma nivelada (cota 335 msnm), como se muestra en la figura 3.12.
- _ Cada trinchera tiene una capacidad promedio de almacenamiento de 3 meses
- _ La separación entre zanjas será de 0.5m, para garantizar la estabilidad mientras permanezcan vacías.

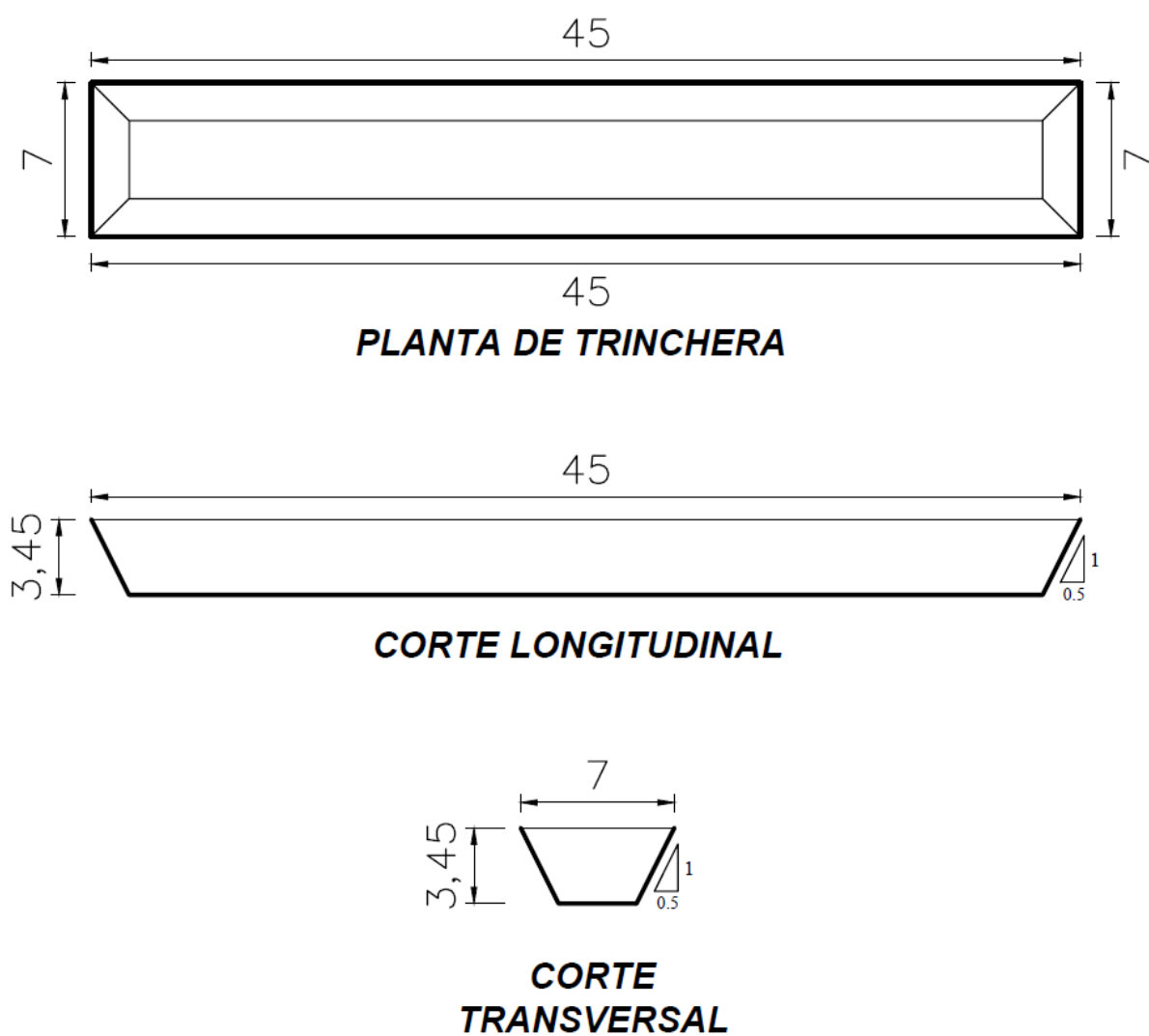


Figura 3.11 Planta y cortes de Trinchera

Volumen Total de residuos sólidos Municipales+ Material de Cobertura (MC) en 20 años = 67,334.01 m³ (ver cuadro 3.14).

Capacidad volumétrica de las 20 Trincheras = 15,956.34 m³

Volumen restante para ser dispuesto mediante el método del área = 51,377.67 m³

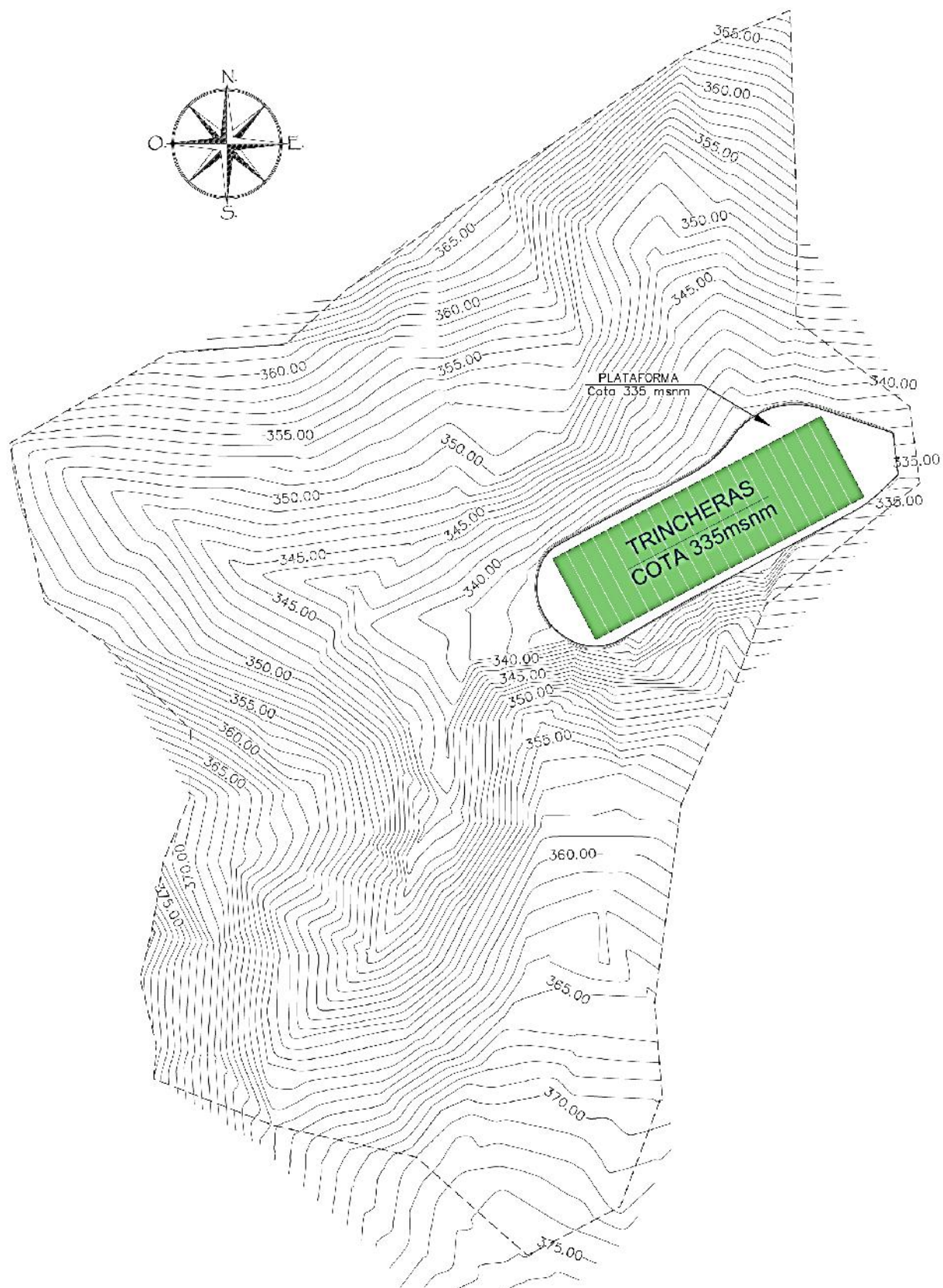


Figura 3.12 Configuración del terreno con la Distribución de trincheras

▪ **Capacidad Volumétrica del Terreno (Método del Área)**

✓ **Método: A partir de las curvas de nivel**

Consiste en determinar el volumen existente entre los planos horizontales del terreno, para lo cual es necesario calcular las áreas, luego promediarlas y multiplicarlas por la diferencia de altura que las separa.

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * \Delta h$$

Donde:

V = Volumen entre dos curvas de nivel (m³)

A1 y A2 = Áreas de los planos horizontales (m²)

Δh = Diferencia de altura entre los planos (m)

Para el cálculo de la capacidad volumétrica del terreno se consideró la configuración del terreno una vez dispuesto las trincheras en una plataforma de cota 335msnm (figura 3.12), que corresponde al nivel terminado de trincheras.

Cuadro 3.18 Capacidad volumétrica del sitio para el relleno sanitario

Elevación Cota (m)	Área (m ²)		Capacidad Volumétrica (m ³)	
	Para cada Curva de Nivel	Promedio Entre Curvas de nivel	Entre Curvas de Nivel	Volumen Acumulado
335.00	9,216.98	9,216.98	0	0
336.00	9,434.68	9,325.83	9325.83	9325.83
337.00	9,908.72	9,671.70	9671.7	18997.53
338.00	11,082.06	10,495.39	10495.39	29492.92
339.00	13,083.94	12,083.00	12083	41575.92
340.00	15,175.64	14,129.79	14129.79	55705.71
341.00	17,715.58	16,445.61	16445.61	72151.32
342.00	20,154.15	18,934.87	18934.865	91086.185
343.00	23,157.75	21,655.95	21655.95	112742.135
344.00	26,366.64	24,762.20	24762.195	137504.33
345.00	29,676.25	28,021.45	28021.445	165525.775
346.00	33,180.74	31,428.50	31428.495	196954.27
347.00	36,892.61	35,036.68	35036.675	231990.945
348.00	40,779.94	38,836.28	38836.275	270827.22
349.00	45,334.84	43,057.39	43057.39	313884.61
350.00	50,462.66	47,898.75	47898.75	361783.36
351.00	56,153.73	53,308.20	53308.195	415091.555
352.00	62,076.07	59,114.90	59114.9	474206.455
353.00	67,782.44	64,929.26	64929.255	539135.71

Teniendo en cuenta que el volumen para ser dispuesto con el método del área es de 51,377.67 m³, se determinó que:

- _ Cota Final de Relleno = 340.0 m.s.n.m. (según cuadro 3.18)
- _ Área Estimada Relleno Sanitario = 15,175.64 m² = 1.52 Ha
- _ Área Relleno Sanitario + Área Administrativa = 21,245.90 m² = 2.12 Ha

Se considera área administrativa a la infraestructura complementaria del relleno sanitario: vías interiores, patio de maniobras, casetas administrativas, etc., para el presente estudio se ha considerado:

Área administrativa = 40% de Relleno Sanitario*

* Entre 20 a 40% del área total conformado por las vías internas, patio de maniobras, instalaciones sanitarias, cerco perimétrico, áreas verdes, etc.⁸

3.5.5. DISEÑO DE LA CELDA DIARIA

La celda diaria está conformada básicamente por los RSM y el material de cobertura y será dimensionada con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento y con el fin de que proporcione un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como los siguientes:

- _ 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.

Para la celda diaria se recomienda una altura que fluctúe entre 1 y 1,5 metros⁹, esto debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual y a fin de brindar una mayor estabilidad mecánica a la construcción de los terraplenes del relleno sanitario. A partir del volumen diario de desechos compactados y teniendo en cuenta las limitaciones de altura, se calculará el avance y el ancho de la celda.

⁸ Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Jaramillo-2002.

⁹ "Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales", Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental.

- **Cantidad de RSM a disponer**

A partir de la cantidad de basura producida diariamente, es decir:

$$DSrs = DSp \times (7/dhab)$$

Donde:

DSrs = Cantidad media diaria de RSM en el relleno sanitario (kg/día)

DSp = Cantidad de RSM producidos por día = 3865.23 kg/día (se ha considerado el promedio)

dhab = Días hábiles o laborables en una semana. = 5 días (normalmente d hab. = 5 ó 6 días, y aún menos en los municipios más pequeños)¹⁰.

Por lo tanto se tiene:

$$DSrs = 5411.3 \text{ kg/día}$$

- **Volumen de la celda diaria**

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

Donde:

Vc = Volumen de la celda diaria (m3)

Drsm = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno sanitario manual = 450.00 kg/m3. (Ver Cuadro 3.15)

m. c. = Material de cobertura (20-25%)¹¹ = 25%

Por lo tanto se tiene:

$$V_c = 15.0 \text{ m}^3$$

^{10, 11} "Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales", Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental.

▪ **Dimensiones de la celda diaria**

✓ **Área de la celda**

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

Donde:

A_c = Área de la celda (m²/día)

h_c = Altura de la celda (m) - límite 1.0 m a 1.5 m (GPDCORSM - OPS)

Se ha considerado las siguientes Alturas de Celdas (h_c)

Método de Trincheras $h_c = 1.15$ m

Método del área $h_c = 1.10$ m (Para mayor estabilidad)

Por lo tanto se tiene:

Método de Trincheras $A_c = 13.10$ m²

Método del área $A_c = 13.70$ m²

✓ **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.

Para un ancho (a) = 3.55 m (ancho de base de trincheras)

Se tiene;

Método de Trincheras $l = 3.70$ m

Método del área $l = 3.90$ m

▪ **Talud de la Celda Diaria**

Se recomienda que las celdas tengan un talud máximo de 1 a 3, es decir, que por cada metro de altura se avance 3 metros de forma horizontal, lo cual proporciona un mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra y mejor contención y estabilidad del relleno¹².

▪ **Cobertura de la celda**

Para concluir la celda, se cubre con una capa de tierra de 0,10 a 0,15 metros¹³, se esparce con ayuda de carretillas de mano, palas y azadón y se compacta con un rodillo y pisonés de mano. La cobertura diaria controla la presencia de insectos, roedores y aves, así como las quemaduras, el humo, los malos olores, el ingreso de agua y la basura dispersa.

El cubrimiento deberá realizarse todos los días al final de la jornada, después del ingreso de residuos. Al cabo, no deberán quedar RSM al descubierto y menos para el fin de semana.

No se debe ser exigente con la calidad del material de cobertura para un relleno sanitario manual; hay que aprovechar la tierra que se encuentre más accesible ya que es muy importante cubrir los desechos. La cantidad del material de cobertura necesario es de un metro cúbico de tierra por cada 4 ó 5 metros cúbicos de RSM; es decir, entre 20 y 25% del volumen de residuos compactados.

La cobertura final será de 0,30 a 0,60 metros y se realizará en dos etapas, con capas de 0,15 a 0,30 metros y a intervalos de un mes, todo esto para tratar de cubrir los asentamientos que se produzcan en la superficie de la primera capa¹⁴.

¹² "Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual"-MINAM -Perú.

¹³, ¹⁴ "Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales", Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental.

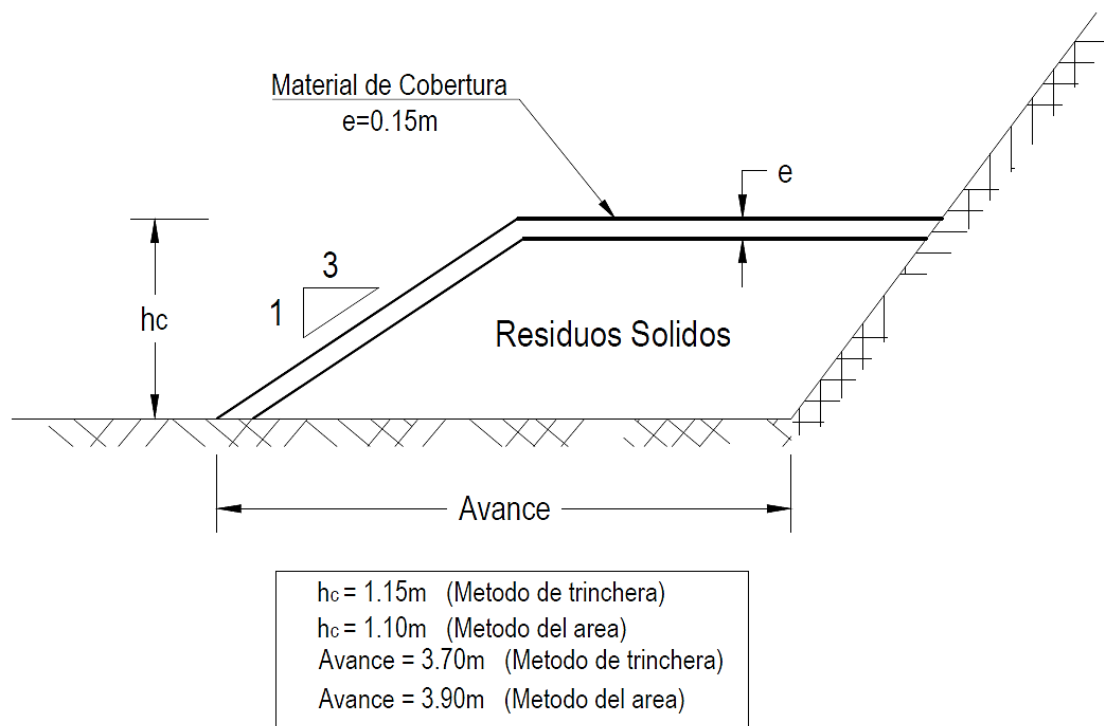


Figura 3.13 Celda Diaria Típica

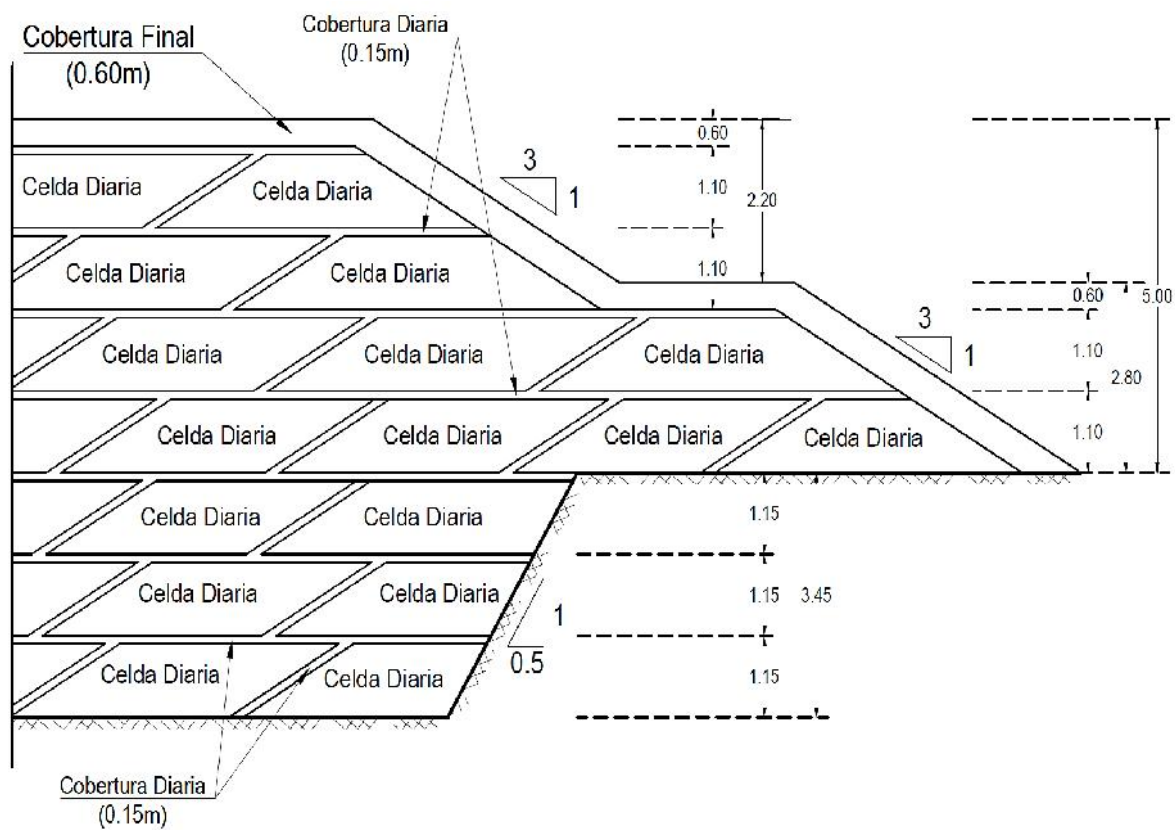


Figura 3.14 Distribución de Celdas en Trinchera

3.5.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

La interceptación y la desviación del escurrimiento de las aguas pluviales fuera del relleno contribuyen significativamente a la reducción del volumen del líquido percolado y también al mejoramiento de las condiciones para la operación del relleno.

Para interceptar y desviar el escurrimiento de las aguas de lluvia que podrían ingresar a la infraestructura, se proyectan canales perimetrales, de acuerdo a las condiciones de precipitación, área tributaria, tipo de suelo, vegetación, topografía, entre otros.

El canal de drenaje de aguas de lluvia considera los siguientes criterios técnicos:

- _ Escorrentías generadas por una precipitación de 24 horas de duración y con período de retorno de 25 años.
- _ Sección trapezoidal, con dimensiones mínimas de 0,30 m en la base y 0,3 m de profundidad.
- _ Pendientes que se encuentra entre 0.5% y 2% (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje -MTC)
- _ La distancia mínima del canal respecto al límite del área de disposición será de 3,0 m.

▪ ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO

✓ *Método Racional*

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente C (coeficiente de escorrentía), estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, A<10 Km². Considerar que la duración de P es igual a T_c (tiempo de concentración).

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía (Ver Cuadro 3.19)

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de Aporte al canal (has).

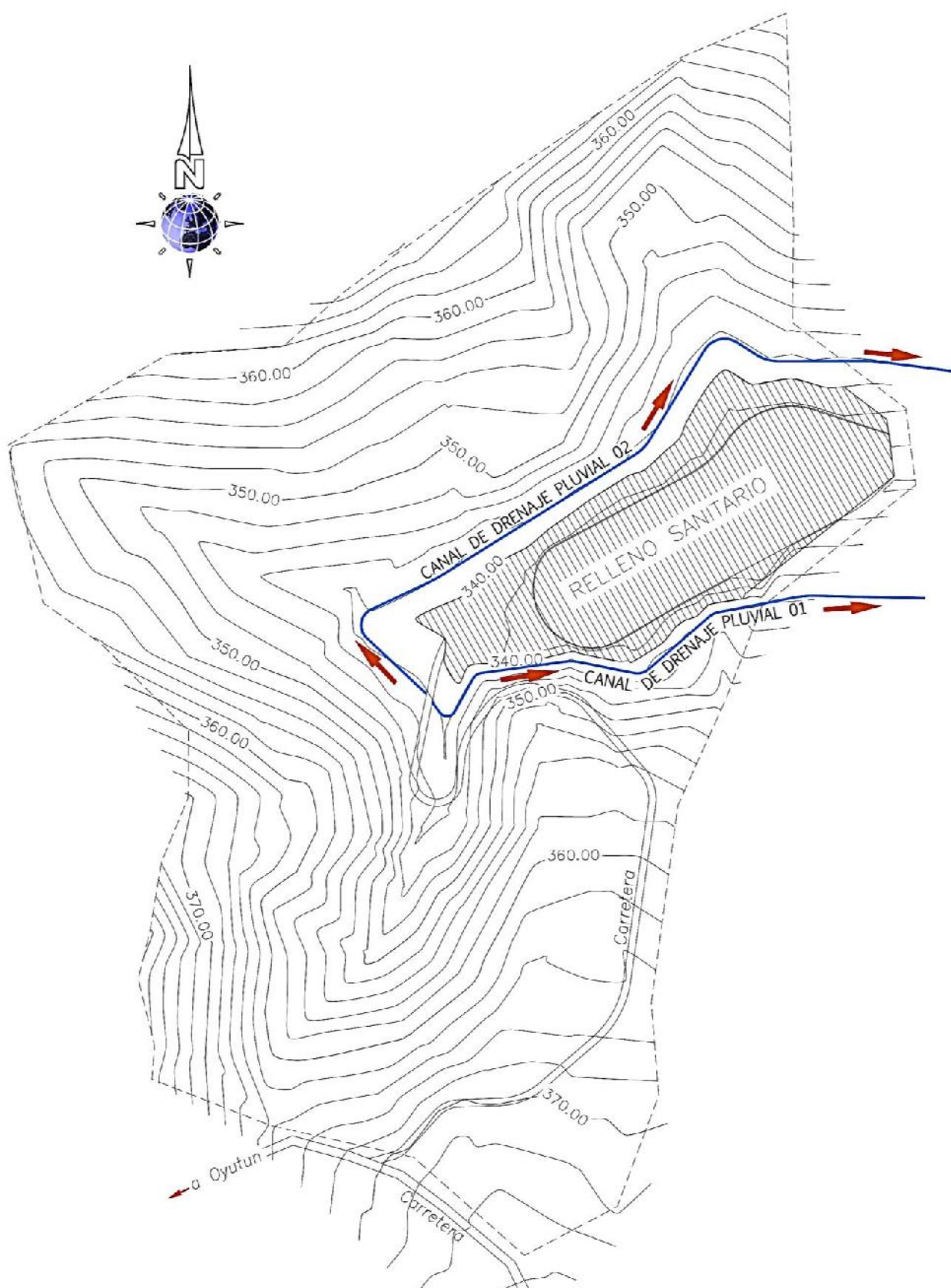


Figura 3.15 Distribución de Canales Perimetrales Para el Drenaje Pluvial

Cuadro 3.19 Coeficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos. vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba. grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques. densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

- Coeficientes de escorrentía:

C = 0.60 (obtenido del Cuadro 3.19)

- Tiempo de concentración (Kirpich)

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Dónde:

Tc= tiempo de concentración (minutos)

L= longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m)

S= pendiente media del Cauce (m/m)

Cuadro 3.20 Tiempo de Concentración

CANAL	L (m)	S (m/m)	Tc (min)
Canal 1	270	0.8%	9.31
Canal 2	400	0.8%	12.60

- *Intensidad de Precipitación*

Precipitación Máxima Diaria (Pd) para un periodo de retorno de 25 años

$$Pd = 39.10 \text{ mm (Ver Cuadro 3.5)}$$

Intensidad de precipitación máxima horaria: 1.63 mm/h

- *Área de Aporte al canal*

Canal 1: 8.586 Has

Canal 2: 35.285 Has

Cuadro 3.21 Caudal Máximo de Diseño

CANAL	Área de aporte (ha)	Q (m3/s)
Canal 1	8.586	0.023313
Canal 2	35.285	0.095809



Figura 3.16 Delimitación del área de aporte de la escorrentía - relleno sanitario



Figura 3.17 Área de aporte de escorrentía a canales de drenaje pluvial

▪ **SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA ZANJA**

✓ *Área de la sección (m²)*

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

Cuadro 3.22 Velocidades máximas permisibles en zanjas

Material de la zanja	Velocidad (m/seg.)	
	Agua clara	Agua con sedimento abrasivo
Arena fina	0.45	0.45
Migajón limoso	0.6	0.6
Grava fina	0.75	1.05
Arcilla rígida	1.2	0.9
Grava gruesa	1.2	1.8
Pizarra, tepetate	1.8	1.5
Acero	*	2.4
Madera	6	300
Concreto	12	3.6

*Limitada únicamente por posible cavitación

Fuente: Dr. Kunitoshi Sakurai, CEPIS, Lima

Teniendo en cuenta el cuadro anterior para el diseño del canal de drenaje pluvial se consideró una Velocidad máxima Permitida de **V=0.90 m/s** (según suelo de la zona, ver EMS)

Nota: También es necesario asegurar una velocidad mínima que impida la sedimentación, debido a que el azolve en suspensión en el agua puede depositarse si la velocidad es muy baja. Por lo tanto, las velocidades de diseño deben ser ligeramente menores que las máximas permisibles, si la topografía lo permite.

Cuadro 3.23 Área mínima canales de drenaje pluvial

CANAL	Area Minima (m2)
Canal 1	0.0259
Canal 2	0.1065

✓ **Sección de La Zanja**

Las zanjas de tierra generalmente son trapeziales, con taludes determinados por la estabilidad del material en sus bancos. El siguiente cuadro enumera las pendientes típicas de taludes para zanjas no revestidas, en diversos materiales.

Cuadro 3.24 Taludes típicos para zanjas no revestidas

Material de la excavación	Taludes (horizontal : vertical)
Roca firma	1/4 : 1
Roca fracturada	1/2 : 1
Suelo firme	1:1
Migajón gravoso	1 1/2 : 1
Suelo arenoso	2 1/2 : 1

Fuente: Dr. Kunitoshi Sakurai, CEPIS, Lima

Talud de Zanja No Revestida adoptado: 1:1 (H: V)

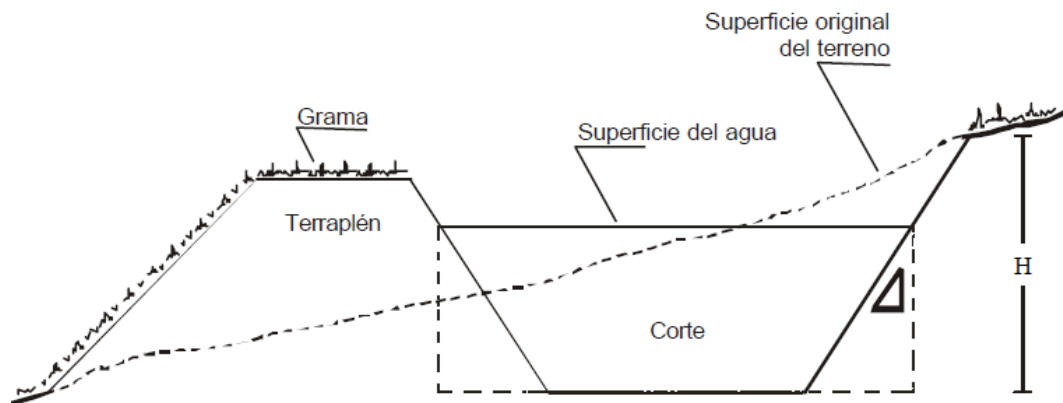


Figura 3.18 Detalle de la sección transversal del canal trapezoidal

▪ CARACTERÍSTICAS DEL CANAL

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas del canal a proyectarse, es lo establecido por la fórmula de Robert Manning*, para canales abiertos, lo cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para un régimen uniforme mediante la siguiente relación:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = A / P$$

$$Q = V A$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad media de flujo (m/s)

A: Área de la sección hidráulica (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de fondo (m/m)

n: Coeficiente de Manning (Ver Cuadro 3.25)

Cuadro 3.25 Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
C. EXCAVADO	a. Tierra, recto y uniforme			
	nuevo	0.016	0.018	0.02
	grava	0.022	0.025	0.03
	con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033
	b. Tierra, sinuoso			
	sin vegetación	0.023	0.025	0.03
	con malezas y pasto	0.025	0.03	0.033
	maleza tupida, plantas	0.03	0.035	0.04
	fondo pedregoso - malezas.	0.025	0.035	0.04
	c. Roca			
	suave y uniforme	0.025	0.035	0.04
	irregular	0.035	0.04	0.05
	d. Canales sin mantención			
	maleza tupida	0.05	0.08	0.12
	Fondo limpio, bordes con vegetación	0.04	0.05	0.08

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

✓ **Coeficiente de Manning “n”:**
(canal propuesto; valor según tabla): $n=0.025$

✓ **Pendiente del fondo**

$0.5 \% < S < 2 \%$ (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje -MTC)

S (adoptado)	
Canal 1	0.8%
Canal 2	0.8%

✓ **Características Hidráulicas De Las Secciones De Cada Canal.**

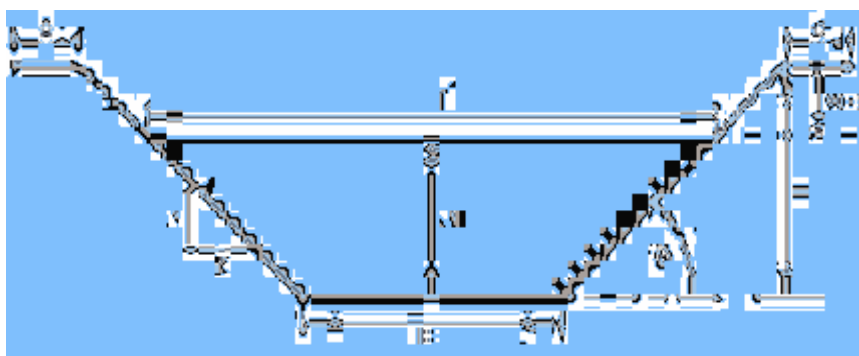


Figura 3.19 Elementos Geométricos de la Sección Transversal del Canal

Donde:

b = base del canal o ancho de solera

H = profundidad total del canal

Z = Talud

θ = ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

y = tirante de agua, altura que el agua adquiere en la sección transversal

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio Hidráulico

T = espejo de agua o superficie libre de agua

$H-y$ = borde libre

C = ancho de corona

Cuadro 3.26 Características Canales de drenaje pluvial

CANAL	Q (m ³ /s)	A (m ²)	b (m)	Z	θ (°)	Y (m)	H (m)	P (m)	R (m)	T (m)	H-y	C (m)	n	S (m/m)	V (m/s)
Canal 1	0.0233	0.0259	0.3	1	45.00	0.07	0.3	0.50	0.05	0.44	0.23	-	0.025	0.8%	0.50
Canal 2	0.0958	0.1065	0.3	1	45.00	0.21	0.3	0.89	0.12	0.72	0.09	-	0.025	0.8%	0.87

✓ **Especificaciones Técnicas**

V. Diseño (m/s)

V máxima (m/s):

CANAL 01 0.50 < 0.90 m/s **OK!**

CANAL 02 0.87 < 0.90 m/s **OK!**

3.5.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE DREN DE LIXIVIADOS

▪ Generación de lixiviado o percolado

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

El volumen de lixiviado o líquido percolado en un relleno sanitario depende de los siguientes factores:

- _ 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).

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos sólidos, razón principal por lo que deben ser interceptadas y desviadas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación del agua subterránea.

Para la estimación de la generación de lixiviados se cuenta con dos métodos sencillos, ampliamente aceptado para establecer un rango suficiente mente confiable respecto al volumen de lixiviados a manejar, que se presentan a continuación:

Método N° 01.-

Este método utiliza el cuadro de producción de aguas lixiviadas, en situaciones diferentes, desarrollado por el Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica DED – Deutscher Entwicklungsdienst, este considera que la cantidad de las aguas lixiviadas

que se producen en un relleno sanitario depende de los siguientes factores: de La precipitación, el área del relleno, el modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación) y el tipo de basura.

Cuadro 3.27 Producción de aguas lixiviadas en un relleno sanitario

Tipo de relleno	Producción de aguas lixiviadas (% de la precipitación)	Factor de Producción de aguas lixiviadas (m ³ /(ha*día))		
		Precipitación 700 mm/año	Precipitación 1500 mm/año	Precipitación 3000 mm/año
Relleno manual	60	11.51	24.66	49.32
Relleno compactado con maquinaria liviana	40	7.67	16.44	32.88
Relleno compactado con maquinaria pesada	25	4.79	10.27	20.55

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales, DED - Deutscher Entwicklungsdienst - Ilustre Municipalidad de Loja, Servicio Alemán de Cooperación Social - Técnica Dirección de Higiene www.ded.org.ec www.municipioloja.com, dedecu@porta.net, iml@loja.telconet.net.

- **En Función del Porcentaje de la Precipitación**

Precipitación Anual **Pp = 287.8 mm/año** (Ver Cuadro 3.3)

Cuadro 3.28 Producción de lixiviados en función del porcentaje de la precipitación (pp)

Pp Anual (mm)	Área del Relleno (Has)*	Modo de Operación (Tipo de relleno)	Tipo de residuo	Producción de Aguas Lixiviadas (% de la Pp)	Producción de Aguas Lixiviadas (m ³ /año)	Producción de Aguas Lixiviadas (m ³ /día)
287.8	0.0759	Relleno Manual; sistema de compactación: Pisón o rodillo manual.	Municipales	60	131.034	0.359

* Área Anual cubierta con residuos (Se ha considerado Área Estimada Relleno/20)

- En Función del Factor de generación

Cuadro 3.29 Producción de lixiviados en función del factor de generación

Modo de Operación (Tipo de relleno)	Pp Anual (mm)	Factor de generación (m3/ha*día)	Área del Relleno (Has)*	Producción de Aguas Lixiviadas (m3/día)	Producción de Aguas Lixiviadas (m3/año)
Relleno Manual	287.8	4.73 **	0.0759	0.359	131.070
* Área Anual cubierta con residuos (Se ha considerado Área Estimada Relleno/20)					
** obtenido mediante interpolación en base al <i>Cuadro 3.27</i>					

Método N° 02.-

Otro método para la estimación de la generación de lixiviados es el conocido como

Método Suizo, que se resume en la ecuación:

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

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviado (l/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m2)

t = Número de segundos en un año (31536000 seg/año)

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

- Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0.4 a 0.7 ton/m3, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (K= 0.25 a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 ton/m3, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (K= 0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

Se consideró un coeficiente de compactación **k=0.5**

Cuadro 3.30 Producción de lixiviados según método suizo

Pp Anual (mm)	Área del Relleno (Has)*	Coefficiente de Compactación K	1/t	P*A*K	Caudal medio de Lixiviado Q (l/seg.)	Producción de Aguas Lixiviadas (m3/año)
287.82	0.0759	0.5	3.17098E-08	109195.05	0.003463	109.195
* Área Anual cubierta con residuos (Se ha considerado Área Estimada Relleno/20)						

Cuadro 3.31 Resumen Generación de Lixiviados:

Método	Producción de Lixiviadas (m3/año)	% respecto a la Precipitación
1. Alemán - Técnica DED		
En Función del Porcentaje de la Precipitación	131.0	60%
En Función del Factor de generación	131.1	60%
2. Método Suizo	109.2	50%
Promedio	123.8	57%

Precipitación en relleno =218.39 (m3/año) (Área del relleno* x la precipitación anual)

Sobre la base de las observaciones realizadas en varios rellenos pequeños, se puede afirmar que la generación de lixiviado se presenta fundamentalmente durante los periodos de lluvias y unos cuantos días después, y se interrumpe durante los periodos secos¹⁵. Por lo tanto considerando solamente los meses con mayor registro de precipitación (diciembre - mayo, Ver Figura 3.4) para el cálculo de la generación de lixiviados y no en todo el año, la estimación del volumen de lixiviados se reduciría aproximadamente a la mitad de las calculadas líneas arriba.

▪ Diseño del sistema de drenaje de lixiviado

En primer lugar se recomienda minimizar el ingreso de las aguas de lluvia no solo controlando las aguas de escorrentía por medio de canales interceptores a nivel perimetral. También se puede impedir que las lluvias caigan directamente sobre los terraplenes o zanjas con residuos si se construye un techo que funcione a manera de paraguas. De esta manera, la cantidad de lixiviado tiende a ser nula, con lo que se evita uno de los mayores problemas de este tipo de obras, sobre todo en las zonas lluviosas.

¹⁵ "Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales", Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental.

En segundo lugar, es conveniente construir un sistema de almacenamiento del lixiviado en forma de espina de pescado al interior del relleno, en concreto en la base que servirá de soporte de cada plataforma.

✓ **Longitud del sistema de zanjas para el lixiviado**

Para estimar la longitud de la a zanja de almacenamiento de lixiviado se empleara la siguiente formula:

$$l = V/a$$

Donde:

l = Longitud de las zanjas de almacenamiento (m)

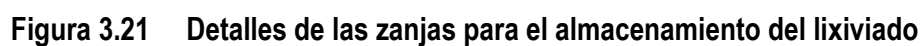
V = Volumen de lixiviado que será almacenado durante periodos de lluvia (m³)

a = Área superficial de la zanja m²

Para el presente estudio se está considerando un sistema de drenaje y almacenamiento de lixiviado consiste en una red horizontal de zanjas de piedra, interrumpidas con pantallas del mismo terreno. Teniendo en cuenta lo siguiente:

- _ En la base de la infraestructura serán dispuestos en forma de espina de pescado.
- _ Drenaje en la base del talud interior del 2do nivel o terraza que conforman el relleno sanitario. Así, se evitan los escurrimientos por la superficie de los taludes inferiores de los terraplenes de residuos y, además, su interconexión con el drenaje vertical de gases.
- _ Las zanjas del dren serán de 0,4 metros por 0.6 metros de profundidad y pantallas cada 10 metros, con un ancho de 0,30 metros. Para que el lixiviado pueda permanecer almacenado en el interior del relleno sin rebosar por las zanjas, se dejará un borde libre de unos 0,30 metros entre la pantalla y el nivel de la superficie del terreno (Ver Figura 3.21).
- _ A fin de tener más capacidad de almacenamiento, se llenan las zanjas con piedras que midan entre 4 a 8 pulgadas. Hecho esto, se recomienda colocar sobre ellas un material que permita infiltrar los líquidos y retener las partículas finas que lo puedan colmatar; para ello se pueden utilizar, sacos o costales de polipropileno.

- * Estimar el volumen del lixiviado que sale del relleno.
- * Determinar la cantidad de sedimentos y el momento de efectuar la limpieza de la poza de lixiviados.



3.5.8. SISTEMA DE DRENAJE DE GASES

▪ Generación de gases

Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los residuos sólidos, no sólo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia.

La **aerobia** es aquella fase en la cual el oxígeno que está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados es consumido rápidamente.

La **anaerobia**, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario porque no pasa el aire y no existe circulación de oxígeno, de ahí que se produzcan cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir.

La tasa y el volumen de producción de gas dependen de las características de los residuos sólidos dispuestos y de las condiciones específicas que prevalecen dentro del relleno sanitario. Las condiciones incluyen temperatura, pH, contenido de humedad y tamaño de las partículas de los residuos sólidos. Las condiciones dentro del relleno sanitario pueden variar en función del tiempo, de acuerdo al diseño y la operación del relleno sanitario y a la edad de los residuos sólidos dispuestos.

Debido a que las características de los residuos sólidos y las condiciones del relleno sanitario varían mucho de una región a otra las tasa reportadas de emisión de gas abarcan una amplia variedad de valores. Por ejemplo, el rendimiento total (calculado y medido) de generación de gas de rellenos sanitarios en países industrializados varía de 0.064 a 0.44 m^3/kg de residuos sólidos dispuestos.

Las tasas anuales de generación total de gases (CH_4 y CO_2) se han reportado dentro del intervalo de 1.19 a 6.8 m^3 gas/ Mg de residuos sólidos dispuestos/ año. La mayor

parte de la producción de gas se efectúa durante los 20 años posteriores al cierre del relleno sanitario, aunque la producción es más intensa durante los primeros 5 años. La producción de gas disminuye gradualmente y puede continuar indefinidamente.

Se han desarrollado varios modelos para predecir la tasa de producción del gas de los rellenos sanitarios. La mayoría de los modelos, sin embargo, requieren mediciones reales de producción de gases para determinar los valores de las constantes para los mismos.

Cuadro 3.32 Composición del gas del relleno sanitario

Componente	%Componente (en seco)
Metano	47,5
Dióxido de Carbono	47,0
Nitrógeno ²²	3,7
Oxígeno ²²	0,8
Parafinas hidrocarburos	0,1
Hidrocarburos cíclicos y aromáticos	0,2
Hidrogeno	0,1
Sulfuro de hidrogeno	0,01
Monóxido de carbono	0,1
Compuestos restantes ²³	0,5
²² La presencia de nitrógeno y de oxígeno en el gas podría deberse a escapes en el sistema de control de gas o debido al ingreso de aire dentro del relleno sanitario. ²³ Los compuestos traza incluyen: dióxido de sulfuro, benceno, tolueno, cloruro de metileno, precloroetileno y sulfuro de carbonilo en concentraciones superiores a 50ppm.	

Fuente: "Guía para rellenos sanitario en países en desarrollo", calRecovery Inc, 1997.

✓ Aspectos de seguridad

Si no se controla el gas generado dentro del relleno sanitario, se dispersará y migrara fuera de sus límites. El gas acumulado y la dispersión y la migración incontroladas pueden representar una situación potencialmente peligrosa debido a varias características del gas del relleno sanitario, tales como el riesgo de inflamación, el potencial de causar asfixia y las concentraciones orgánicas traza.

La presión ligeramente positiva que existe dentro del relleno sanitario permite que el gas fluya son control hacia áreas de presión inferior por el transporte convectivo del

gas. Además, el gas con concentraciones mayores de CO_2 y CH_4 puede diseminarse en áreas que contienen gases con concentraciones inferiores a estos dos compuestos.

Finalmente, si el gas se acumula en el relleno sanitario, puede inhibirse el crecimiento de la vegetación en la cobertura, a menos que se tomen precauciones apropiadas.

▪ Drenaje de gases

El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de piedra, que funciona a manera de chimeneas, que atraviesan en sentido vertical todo el relleno. Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases (Ver Figura 3.22 y Figura 3.23).

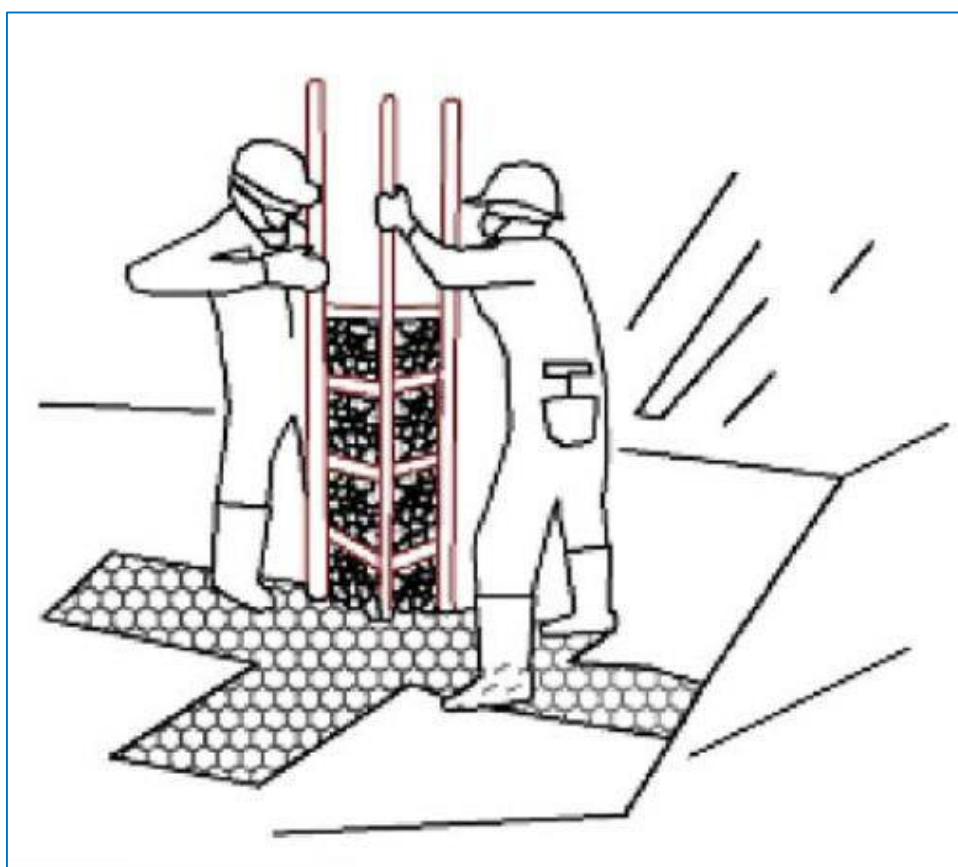


Figura 3.22 Instalación de chimeneas para drenaje de gases.

Las chimeneas han sido diseñadas teniendo en cuenta la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”, del ministerio del ambiente-Perú.

Se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno, procurando que su entorno esté bien compactado. Cada una tendrá una sección cuadrada de 0.40m x0.40m (sección mínima 30 x30) y distribuidas en forma equidistante cada 20 m (máximo 30m) (Ver Figura 3.23 y Figura 3.24).

Los materiales a utilizar serán soportes de material resistente a la corrosión, malla metálica tipo gallinero y piedras con un tamaño máximo de 8”.

Las chimeneas se culminan colocando un cilindro metálico cortado por la mitad debiéndose mantener en buen estado y protegidas a 0.60 m. sobre el nivel del perfil terminado (Ver Figura 3.25).

La instalación del quemador será a 2.0 m sobre la superficie final del relleno (altura mínima de 1.5m) (Ver Figura 3.23 y Figura 3.25).

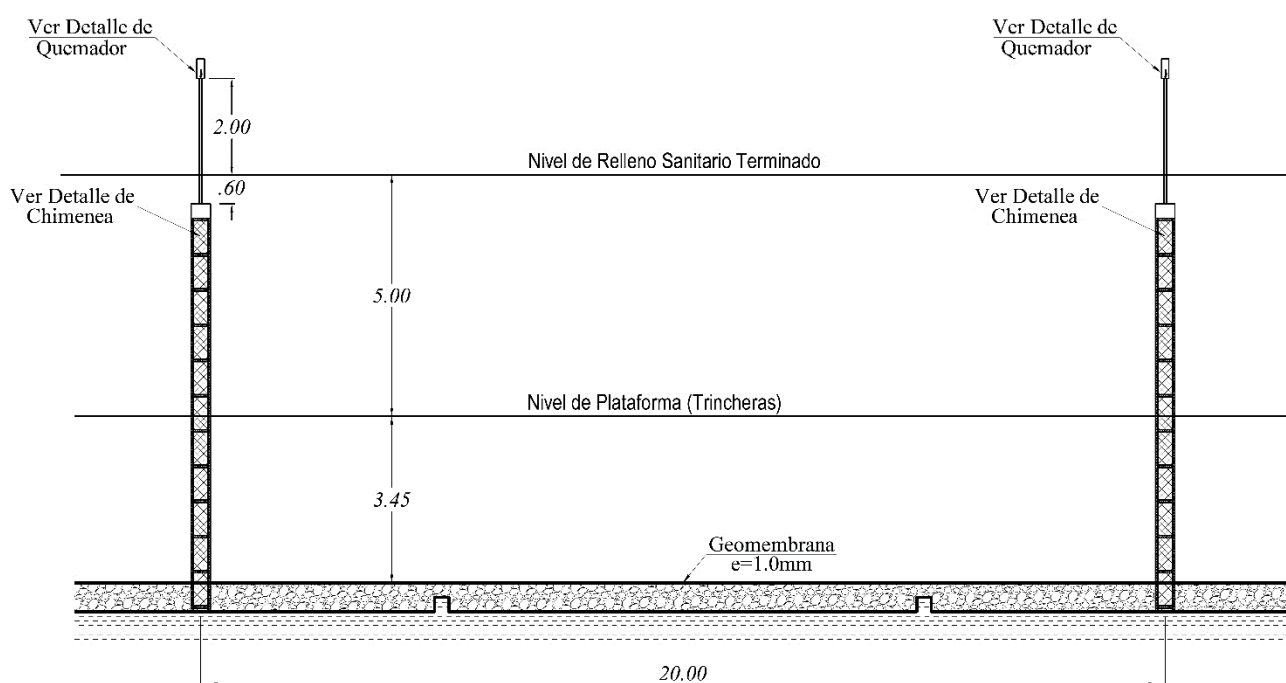


Figura 3.23 Distribución de chimeneas en trinchera

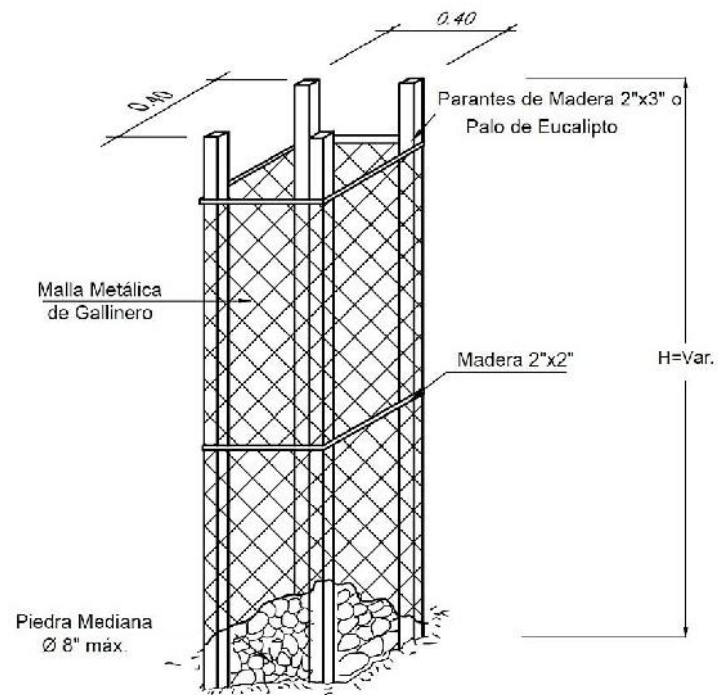


Figura 3.24 Detalle de chimenea

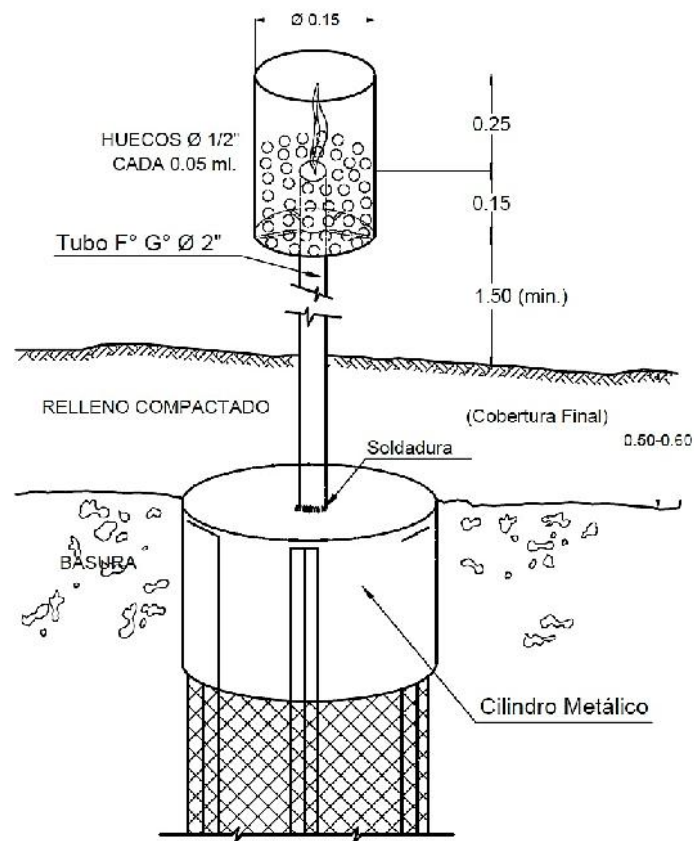


Figura 3.25 Detalle de quemador

3.5.9. ÁREAS E INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

▪ Cerco perimetral

Se encerrará el terreno con un cerco de 1,5 metros de altura, hecho con alambre de púas de cinco hiladas con un portón de entrada, para restringe el ingreso de personas ajenas al sitio así como perros y animales grandes, dándole un poco más de disciplina y seguridad al relleno.

El cerco consta de la instalación de postes de madera eucalipto de 2.20 m de longitud y 5 pulgadas de diámetro (enterrados 0.60 m), ubicados a una distancia de 4.0 metros y con 5 filas de alambres de púas (cada 0.30 m de distancia).

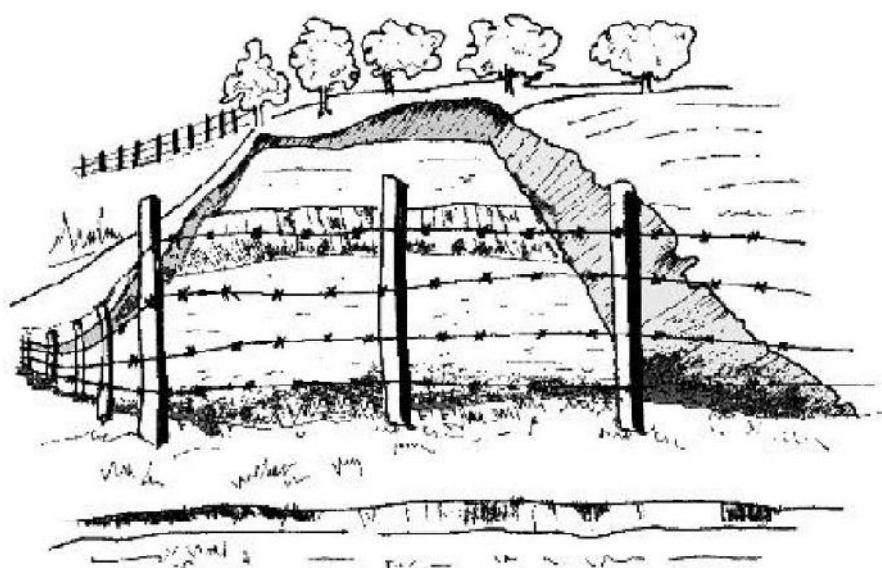


Figura 3.26 Cerco perimetral

▪ Área de amortiguamiento y protección

Se dejará una franja de terreno de un ancho que varían de 8 a 20 metros entre el lindero y la zona de terraplenes o zanjas con residuos, a fin de contar con una zona de amortiguamiento que mitigue los posibles efectos negativos de las operaciones con basura en los predios vecinos. En esta área de retiro es importante colocar un cerco vivo de árboles y arbustos que impida que los vecinos y transeúntes vean los RSM y la operación del relleno. En ocasiones, se pueden usar los excedentes de tierra de las trincheras excavadas para levantar una especie de biombo o pantalla con el mismo fin.

Esta zona mejora la apariencia estética del relleno y sirve para retener papeles y plásticos arrastrados por el viento. Por razones obvias, se sugiere la siembra de especies vegetales endémicas de la zona (Ver Figura 3.27).

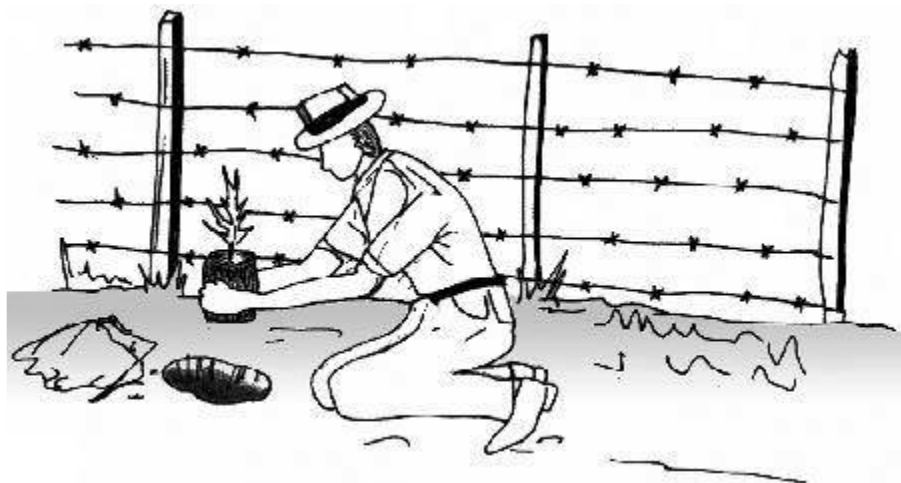


Figura 3.27 Siembra de árboles en la zona de retiro perimetral

- **Caseta de control**

La caseta tendrá un área techada de 22 metros cuadrados (4.0mx5.5m), que será usada como control de ingreso y/o lugar para guardar pequeñas herramientas de trabajo (rodillo, carretas, palas, picas, etc.), como un espacio donde los obreros se puedan asear, cambiar y guardar su ropa, como cocina donde calentar alimentos o como refugio en caso de lluvias.

La construcción, consta de dos ambientes y un cuarto para baño que tiene un Inodoro, un lavatorio de pared y una ducha. Las puertas y ventanas serán acondicionadas para protección contra moscas.

Las puertas deben llevar, eventualmente, un sistema de contrapueras y las ventanas una malla metálica. (Ver planos instalaciones complementarias).

- **Servicio de Agua**

El relleno debe contar con instalaciones que aseguren la comodidad y el bienestar de los trabajadores. En consecuencia, se debe llevar agua al relleno para los servicios sanitarios.

- **Servicio de Desagüe**

Las aguas residuales de los servicios higiénicos, se descargarán en un sistema de tanque séptico y pozo de percolación. (Ver planos instalaciones complementarias).

- **Vías de acceso interno**

Tendrá como mínimo 3 m. de ancho y características para el tránsito pesado y cunetas laterales para zonas con condiciones de alta precipitación. (Ver plano de distribución general)

- **Patio de maniobras**

Se contara con zonas para que el(los) vehículo(s) recolector(es) pueda(n) maniobrar y descargar la basura en el frente de trabajo. (Ver plano de distribución general).

- **Cartel de presentación**

Es necesario colocar un cartel de presentación del relleno sanitario en construcción para que la comunidad identifique la obra.

El cartel puede estar compuesto de dos hojas de cinc y un marco de madera, cubiertos primero con anticorrosivo y luego con pintura del color deseado. Estará escrito el nombre del municipio y del relleno sanitario, con una breve descripción del proyecto y una leyenda que promueve la protección del medio ambiente (Ver Figura 3.28).

Se está considerando un nombre tentativo de **"RELLENO SANITARIO LA GRUTA"**, por encontrarse ubicado al pie del "Cerro La Gruta".



Figura 3.28 Cartel de presentación

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. MARCO TEÓRICO

CINYDE S.A.C, "Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Relleno Sanitario de Shougang Hierro Perú S.A.A - Lima 2008. En este estudio la empresa "Consultoría Internacional en Ingeniería y Gestión para el Desarrollo S.A.C.", para la evaluación de los impactos que podría ocasionar el mencionado proyecto sobre el ambiente y la salud, sean positivos o negativos, usa el método de la Matriz de Leopold, la cual fue desarrollada por L.B. Leopold y colaboradores (1971) para la evaluación de impactos ambientales asociados a casi todos los tipos de proyectos con las particularidades del caso. Su principal utilidad es proporcionar una presentación ordenada de las evaluaciones cualitativas de la relaciones causa-efecto entre las actividades del proyecto y los elementos ambientales comprometidos. La matriz facilita la observación semicuantitativa integrada de los impactos ambientales, dado que a cada impacto se le atribuye una valoración numérica. Es una matriz bastante completa con relación a los aspectos físicos, biológicos y socio económicos, estructurada de manera tal que el consultor tiene la libertad de escoger un valor dentro del rango de 1 a 10, de acuerdo con su experiencia de tal manera que represente la magnitud e importancia del impacto.

DOMUS CONSULTORÍA AMBIENTAL. "Estudio De Impacto Ambiental Para El Proyecto De Exploración Sísmica 2d En El Lote 161", Volumen III – Mayo 2013.

DOMUS utiliza matrices Causa-Efecto para la identificación de los impactos. Para ello se elabora en primer término un listado de las actividades del Proyecto disgregadas en etapas o fases; de manera semejante se compone una lista disgregada de los componentes socio-ambientales que son susceptibles de impacto. Para la elaboración de estas listas, fue necesaria la participación de profesionales experimentados en el conocimiento del entorno donde se desarrollará el Proyecto e involucrados en las actividades que éste conlleva.

Las matrices de Causa-Efecto interrelacionan las listas de Acciones (Causa) y Componentes Ambientales (Efectos), señalando si una determinada acción produce efecto sobre un determinado componente, identificando un impacto determinado; sin embargo, es necesario cuantificar el nivel de impacto.

Para la calificación de la significación de los impactos, se empleó el modelo propuesto por Vicente Conesa* (2010), quien propone la fórmula de importancia o índice de incidencia, en función a once atributos.

EMPRESAS PÚBLICAS DE ANDES E.S.P. “Estudio de Impacto Ambiental Construcción y Operación de Segunda Fase del Relleno Sanitario del Municipio de Andes”, Antioquia – Colombia 2010. Para la valoración de impactos y calificar la importancia de los efectos o impactos ambientales más significativos y de mayor ocurrencia en las diferentes etapas del proyecto de relleno sanitario, emplea también la metodología propuesta en la “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental” de Vicente Conesa Fernández (La metodología de Conesa valora los impactos a partir de una ecuación, donde los diferentes atributos son calificados de acuerdo con el carácter de los mismos).

4.2. MARCO LEGAL

LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: LEY N° 27314.

Título IV “Prestación de los Servicios de Residuos Sólidos”.

Artículo 31°.- contempla la necesidad del EIA. Si bien es cierto que las condiciones para su elaboración y presentación no están del todo normadas, siempre el criterio general es la preservación del Medio Ambiente.

REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: D.S. N° 057-2004- PCM.

Artículo 72°.- EIA para proyectos de infraestructura de residuos

Todo proyecto nuevo o de ampliación de infraestructura de residuos, debe contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado por la DIGESA, como requisito previo a su aprobación. Para estos efectos, se deberá contar con la constancia de no afectación de áreas naturales protegidas por el estado, otorgada por el Instituto Nacional De Recursos Naturales (INRENA); de no afectación de restos arqueológicos otorgada por el Instituto Nacional de Cultura (INC) y; de no encontrarse en un área vulnerable a desastres naturales otorgada por el Instituto Nacional de defensa Civil (INDECI).

LEY ORGÁNICA DE LAS MUNICIPALIDADES - LEY N° 27972

Título V: Competencias y Funciones Específicas de los Gobiernos Locales.

Artículo 73°, Numeral 3.- Señala que las municipalidades distritales en materia de Protección y Conservación del Ambiente, cumplen las siguientes funciones:

- Formulan, aprueban, ejecutan y monitorean los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.

- Proponen la creación de áreas de conservación ambiental.
- Promueven la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivan la participación ciudadana en todos sus niveles
- Participan y apoyan a las comisiones ambientales regionales.
- Coordinan con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental.

LEY N°28611 – LEY GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE

Artículo 113°.- De la calidad ambiental

113.1 Toda persona natural o jurídica, pública o privada, tiene el deber de contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes.

113.2 Son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental:

- Preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.
- Prevenir, controlar, restringir y evitar según sea el caso, actividades que generen efectos significativos, nocivos o peligrosos para el ambiente y sus componentes, en particular cuando ponen en riesgo la salud de las personas.
- Recuperar las áreas o zonas degradadas o deterioradas por la contaminación ambiental.
- Prevenir, controlar y mitigar los riesgos y daños ambientales procedentes de la introducción, uso, comercialización y consumo de bienes, productos, servicios o especies de flora y fauna.
- Identificar y controlar los factores de riesgo a la calidad del ambiente y sus componentes.
- Promover el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, las actividades de transferencia de conocimientos y recursos, la difusión de experiencias exitosas y otros medios para el mejoramiento de la calidad ambiental.

Artículo 114°.- Del agua para consumo humano

El acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población.

Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares.

Artículo 115°.- De los ruidos y vibraciones

115.1 Las autoridades sectoriales son responsables de normar y controlar los ruidos y las vibraciones de las actividades que se encuentran bajo su regulación, de acuerdo a lo dispuesto en sus respectivas leyes de organización y funciones.

115.2 Los gobiernos locales son responsables de normar y controlar los ruidos y vibraciones originados por las actividades domésticas y comerciales, así como por las fuentes móviles, debiendo establecer la normativa respectiva sobre la base de los ECA.

Artículo 118°.- De la protección de la calidad del aire

Las autoridades públicas, en el ejercicio de sus funciones y atribuciones, adoptan medidas para la prevención, vigilancia y control ambiental y epidemiológico, a fin de asegurar la conservación, mejoramiento y recuperación de la calidad del aire, según sea el caso, actuando prioritariamente en las zonas en las que se superen los niveles de alerta por la presencia de elementos contaminantes, debiendo aplicarse planes de contingencia para la prevención o mitigación de riesgos y daños sobre la salud y el ambiente.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación de impactos permitirá determinar qué actividades del Proyecto del Relleno Sanitario tienen potencial de producir alteraciones en los factores ambientales de su área de influencia.

▪ FACTORES AMBIENTALES POTENCIALMENTE AFECTADOS

Los factores que podrían verse impactados, en mayor o menor medida, por las acciones del proyecto son los que se mencionan en el *Cuadro 4.1*. Para cada uno de ellos se menciona los atributos que directamente estarían más comprometidos.

Cuadro 4.1 Factores ambientales del Proyecto de Relleno Sanitario

FACTORES AMBIENTALES		
MEDIO FÍSICO	AIRE	Olores
		Material particulado
	SUELO	Cambio de uso
		Contaminación directa
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	Biodiversidad
	FAUNA	Biodiversidad
MEDIO SOCIOECONÓMICO	PAISAJE	Alteración del paisaje
	POBLACIÓN	Empleo

▪ **ACCIONES DEL PROYECTO CON POTENCIAL DE CAUSAR IMPACTOS AMBIENTALES.**

A continuación se hace un listado de las acciones del proyecto de relleno sanitario, que tienen potencial de ocasionar impactos en los factores ambientales antes descritos, si es que no se toman las medidas del caso recomendadas más adelante.

Cuadro 4.2 Acciones con Potencial de causar Impactos

ETAPAS	ACCIONES
Construcción, Operación Y Clausura.	Mov. Tierra Con Maquinaria Para Perfilar Base
	Descarga De Residuos
	Ocupación Del Área con Los Residuos
	Drenaje De Lixiviados
	Cobertura De Residuos Solidos

CUADRO 4.3 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

<div> <div>FACTORES</div> <div>ACCIONES</div> </div>			MOV. TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	DESCARGA DE RESIDUOS	OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	DRENAJE DE LIXIVIADOS	COBERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS
MEDIO FÍSICO	AIRE	Olores		X	X	X	
		Material particulado	X	X			X
	SUELO	Cambio de uso	X		X	X	X
		Contaminación directa	X		X	X	X
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	Biodiversidad	X		X		
	FAUNA	Biodiversidad	X		X		
MEDIO SOCIOECONÓMICO	PAISAJE	Alteracion del paisaje	X	X	X		X
	POBLACIÓN	Empleo	X	X		X	X

4.4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

El índice de significación es un valor que resulta de la calificación de un determinado impacto. La calificación engloba muchos aspectos del impacto que están relacionados directamente con la acción que lo produce y las características del factor ambiental sobre el que ejerce cambio o alteración.

Para la calificación de la significación de los efectos, se empleó el Índice de Significancia o Importancia del Impacto (II). Este índice o valor numérico fue obtenido en función del modelo propuesto por Conesa (2010), quien propone la fórmula de Importancia del Impacto o Índice de Incidencia, en función a once atributos.

Fórmula de Importancia del Impacto o Índice de Incidencia:

$$II = \pm[3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Donde:

IN: Intensidad
EX: Extensión
MO: Momento
PE: Persistencia
RV: Reversibilidad
SI: Sinergia
AC: Acumulación
EF: Efecto
PR: Periodicidad
MC: Recuperabilidad

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Presenta valores intermedios (entre 40 y 60) cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- _ Intensidad total, y afectación mínima de los restantes símbolos.
- _ Intensidad muy alta o alta, y afección alta o muy alta de los restantes símbolos.
- _ Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- _ Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes, es decir, compatibles. Los impactos moderados presentan una importancia entre 26 y 50. Serán severos cuando la importancia se encuentre entre 51 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75.

CUADRO 4.4 IMPORTANCIA DEL IMPACTO

NATURALEZA		INTENSIDAD (I) (Grado de Destrucción)	
Impacto Beneficioso	+	Baja o mínima	1
Impacto Perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) (Área de Influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de Manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o extenso	4	Corto plazo	3
Total	8	Inmediato	4
		Crítico	(+4)
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del Efecto)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz o efímero	1	Corto plazo	1
Momentáneo	1	Medio plazo	2
Temporal o transitorio	2	Largo plazo	3
Pertinaz o persistente	3	Irreversible	4
Permanente y constante	4		
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC) (Incremento Progresivo)	
Sin sinergismo o simple	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF) (Relación Causa - Efecto)		PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de Manifestación)	
Indirecto o secundario	1	Irregular (aperiódico y esporádico)	1
Directo o primario	4	Periódico o intermitente	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por Medios Humanos)		IMPORTANCIA (I)	
Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	
Recuperable a corto plazo	2		
Recuperable a medio plazo	3		
Recuperable a largo plazo	4		
Mitigable, sustituible y compensable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Naturaleza

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores ambientales considerados.

El impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado produce una mejora de la calidad ambiental.

El impacto se considera negativo cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental del factor ambiental considerado.

Intensidad (IN)

Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor. Expresa el grado de destrucción del factor considerado, independientemente de la extensión afectada (véase Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Calificación de Intensidad del Impacto

Intensidad	VALOR	DESCRIPCIÓN
Baja o mínima	1	Afectación mínima y poco significativa
Media	2	Afectación media sobre el factor
Alta	4	Afectación alta sobre el factor
Muy alta	8	Afectación muy alta sobre el factor
Total	12	Expresa una destrucción total del factor en el área de influencia directa

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

El rango de valores varía entre uno y 12. El valor 12 expresa la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto. La intensidad del impacto es en grado total. El valor uno implica una afectación mínima y poco significativa, intensidad baja o mínima.

Extensión (EX)

La extensión es el atributo que refleja la fracción del medio afectada por la acción del Proyecto. Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto en que se sitúa el actor.

La calificación de Extensión está referida al área geográfica donde ocurre el impacto; es decir, donde el componente ambiental es afectado por una acción determinada. Si bien el área donde está presente el componente ambiental puede ser medida cuantitativamente (en metros cuadrados, hectáreas, etc.), se opta por utilizar términos aplicables a todos los componentes (véase Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6 Calificación de Extensión del Impacto

Extensión	Valor	Descripción
Puntual	1	Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado.
Parcial	2	El efecto se manifiesta de manera apreciable en una parte del medio.
Amplio o extenso	4	Aquel cuyo efecto se detecta en una gran parte del medio considerado.
Total	8	Aquel cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada.

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Momento (MO)

Es el plazo de manifestación del impacto. Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado (véase Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7 Calificación de Momento del Impacto

Momento	Valor	Descripción
Largo plazo	1	Cuando el efecto tarda en manifestarse más de 10 años.
Medio plazo	2	Cuando el tiempo transcurrido entre la acción y el efecto varía de 1 a 10 años.
Corto plazo	3	Cuando el tiempo transcurrido entre la acción y el efecto es inferior a 1 año.
Inmediato	4	El tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto es nulo.
Crítico	(+4)	Aquel en que el momento de la acción es crítico independientemente del plazo de manifestación.

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Persistencia (PE)

Está referido al tiempo, que supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción (véase Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8 Calificación de Persistencia del Impacto

Persistencia	Valor	Descripción
Fugaz o efímero	1	Cuando la permanencia del efecto es mínima o nula. Cesa la acción y cesa el impacto.
Momentáneo	1	Cuando la duración es menor de 1 año
Temporal o transitorio	2	Cuando la duración varía entre 1 a 10 años
Pertinaz o persistente	3	Cuando la duración varía entre 10 a 15 años
Permanente y constante	4	Cuando la duración supera los 15 años

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Reversibilidad (RV)

Está referida a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que ésta deja de actuar sobre el medio. El efecto reversible puede ser asimilado por los procesos naturales del medio, mientras que el irreversible no, o puede ser asimilado pero al cabo de un largo periodo de tiempo.

El impacto será reversible cuando el factor ambiental alterado pueda retornar, sin la intervención humana, a sus condiciones originales en un periodo inferior a 15 años. El impacto irreversible supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce (véase Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9 Calificación de Reversibilidad del Impacto

Reversibilidad	Valor	Descripción
Corto plazo	1	Cuando el tiempo de recuperación es inmediato o menor de 1 año
Medio plazo	2	El tiempo de recuperación varía entre 1 a 10 años
Largo plazo	3	El tiempo de recuperación varía entre 10 a 15 años
Irreversible	4	El tiempo de recuperación supera los 15 años

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Sinergia (SI)

La sinergia se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior al que cabría esperar de la manifestación de los efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea (véase Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10 Calificación de Sinergia del Impacto

Sinergia	Valor	Descripción
Sin sinergismo o simple	1	Cuando la acción no es sinérgica
Sinergismo moderado	2	Sinergismo moderado en relación con una situación extrema
Muy sinérgico	4	Altamente sinérgico donde se potencia la manifestación de manera ostensible

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Acumulación (AC)

Este atributo da una idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa (4). (Véase Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11 Calificación de Acumulación del Impacto

Acumulación	Valor	Descripción
Simple	1	Cuando la acción se manifiesta sobre un sólo componente o cuya acción es individualizada
Acumulativo	4	Cuando la acción al prolongarse el tiempo incrementa la magnitud del efecto

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

De acuerdo con el CEQ¹⁶, se define Impacto Acumulativo como “el impacto sobre el medio ambiente que resulta del impacto incremental de la acción cuando se agrega a otras acciones pasadas, presentes, y razonablemente pronosticables sin importar qué agencia o persona emprenda esas otras acciones”.

Efecto (EF)

Este atributo se refiere a la relación Causa-Efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Los impactos son directos cuando la relación causa-efecto es directa, sin intermediaciones anteriores. Los impactos son indirectos cuando son producidos por un impacto anterior, que actúa como agente causal (véase Cuadro 4.12).

Cuadro 4.12 Calificación de Efecto del Impacto

Efecto	Valor	Descripción
Indirecto o secundario	1	Producido por un impacto anterior
Directo o primario	4	Relación causa -efecto directa

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Periodicidad (PR)

¹⁶ CEQ, Council on Environmental Quality, es el Consejo de Calidad Ambiental de la Casa Blanca en Estados Unidos, que coordina los esfuerzos federales sobre medio ambiente y trabaja en estrecha colaboración con otros organismos y oficinas de la Casa Blanca en el desarrollo de políticas medioambientales e iniciativas.

La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que lo producen permanecen constantes en el tiempo), o de manera discontinua (las acciones que lo producen actúan de manera regular o intermitente, o irregular o esporádica en el tiempo), tal como se muestra en el Cuadro 4.13

Cuadro 4.13 Calificación de Periodicidad del Impacto

Periodicidad	Valor	Descripción
Irregular (aperiódico y esporádico)	1	Cuando la manifestación discontinua del efecto se repite de una manera irregular e imprevisible
Periódico o intermitente	2	Cuando los plazos de manifestación presentan regularidad y una cadencia establecida
Continuo	4	Efectos continuos en el tiempo

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (medidas correctoras o restauradoras), tal como se muestra en el Cuadro 4.14.

Cuadro 4.14 Calificación de Recuperabilidad del Impacto

Recuperabilidad	Valor	Descripción
Recuperable de manera inmediata	1	Efecto recuperable de manera inmediata
Recuperable a corto plazo	2	Efecto recuperable en un plazo < 1 año
Recuperable a medio plazo	3	Efecto recuperable entre 1 a 10 años
Recuperable a largo plazo	4	Efecto recuperable entre 10 a 15 años
Mitigable, sustituible y compensable	4	Indistinta en el tiempo
Irrecuperable	8	Alteración es imposible de reparar

Fuente: Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Conesa (2010).

IMPACTOS AMBIENTALES

Fuente: Conesa, (1997)

4.4.1. CÁLCULOS DE LA MATRIZ DE IMPORTANCIA

CUADRO 4.16 VALORACIÓN DE IMPORTANCIA

$$I = \pm (3In + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

		Acciones	Factores	Nat	In	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I	Importancia
MEDIO FÍSICO	AIRE	MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	Material Particulado	-	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-18	Irrelevante
		DESCARGA DERESIDUOS	Olores	-	2	2	4	1	1	1	1	1	2	1	-22	Irrelevante
			Material Particulado	-	1	1	4	1	1	1	1	1	2	1	-17	Irrelevante
		OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	Olores	-	2	2	4	4	4	1	1	1	4	2	-31	Moderado
		DRENAJE DE LIXIVIADOS	Olores	-	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	-21	Irrelevante
		COVERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS	Material Particulado	-	1	1	4	1	1	1	1	1	2	1	-17	Irrelevante
	SUELO	MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	Cambio de uso	-	1	1	4	4	4	1	1	4	4	4	-31	Moderado
			Contaminación Directa	-	1	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-28	Moderado
		OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	Cambio de uso	-	1	1	4	4	4	1	1	4	4	4	-31	Moderado
			Contaminación Directa	-	1	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-28	Moderado
		DRENAJE DE LIXIVIADOS	Cambio de uso	-	1	1	4	4	4	1	1	4	4	4	-31	Moderado
			Contaminación Directa	-	1	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-28	Moderado
		COVERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS	Cambio de uso	-	1	1	4	4	4	1	1	4	2	4	-29	Moderado
			Contaminación Directa	-	1	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-28	Moderado
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	Biodiversidad	-	1	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-28	Moderado
		OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	Biodiversidad	-	1	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-28	Moderado
	FAUNA	MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	Biodiversidad	-	1	1	4	4	4	1	1	1	1	4	-25	Irrelevante
		OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	Biodiversidad	-	1	1	4	4	4	1	1	1	1	4	-25	Irrelevante
	PAISAJE	MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	Paisaje	-	1	2	4	4	4	1	1	4	1	4	-30	Moderado
		DESCARGA DE RESIDUOS	Paisaje	-	1	1	4	4	4	1	1	1	2	1	-23	Irrelevante
		OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	Paisaje	-	1	2	4	4	4	1	4	4	1	4	-33	Moderado
		COVERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS	Paisaje	-	1	1	4	4	4	1	4	4	2	1	-29	Moderado
MEDIO SOCIOECONÓMICO	POBLACIÓN	MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	Empleo	+	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23	Irrelevante
		DESCARGA DERESIDUOS	Empleo	+	1	1	4	4	4	1	1	4	4	4	31	Moderado
		DRENAJE DE LIXIVIADOS	Empleo	+	1	1	4	4	4	1	1	4	2	4	29	Moderado
		COVERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS	Empleo	+	2	1	4	4	4	1	1	4	4	4	34	Moderado

Cuadro 4.17 Rangos y Niveles de Significación

IMPACTOS NEGATIVOS		
SÍMBOLO	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN	RANGO
Irrelevante	Poco significativo	-13 a -25
Moderado	Moderadamente significativo	-26 a -50
Severo	Muy Significativo	-51 a -75
Critico	Altamente Significativo	-76 a -100
IMPACTOS POSITIVOS		
SÍMBOLO	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN	RANGO
Irrelevante	Poco significativo	13 a 25
Moderado	Moderadamente significativo	26 a 50
Muy Benefico	Muy Significativo	51 a 75
Altamente Benefico	Altamente Significativo	76 a 100

CUADRO 4.18 MATRIZ DE IMPORTANCIA

<div>ACCIONES</div> <div>FACTORES</div>			MOV.TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	DESCARGA DE RESIDUOS	OCUPACIÓN DEL AREA CON LOS RESIDUOS	DRENAJE DE LIXIVIADOS	COBERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS
MEDIO FÍSICO	AIRE	Olores		-22	-31	-21	
		Material particulado	-18	-17			-17
	SUELO	Cambio de uso	-31		-31	-31	-29
		Contaminación directa	-28		-28	-28	-28
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	Biodiversidad	-28		-28		
	FAUNA	Biodiversidad	-25		-25		
MEDIO SOCIOECONÓMICO	PAISAJE	Alteracion del paisaje	-30	-23	-33		-29
	POBLACIÓN	Empleo	23	31		29	34

Cuadro 4.19 Matriz de valoración Cualitativa

FACTORES \ ACCIONES			UIP	MOV. TIERRA CON MAQUINARIA PARA PERFILAR BASE	DESCARGA DE RESIDUOS	OCUPACION DEL AREA CON LOS RESIDUOS	DRENAJE DE LIXIVIADOS	COBERTURA DE RESIDUOS SOLIDOS	IMPORTANCIA ABSOLUTA (Ii)	IMPORTANCIA RELATIVA (Iri)	PORCENTAJE (%)
MEDIO FÍSICO	AIRE	Olores	5		-22	-31	-21		-74	-4.20	4.95
		Material particulado	12	-18	-17			-17	-52	-7.09	8.34
	SUELO	Cambio de uso	14	-31		-31	-31	-29	-122	-19.41	22.84
		Contaminación directa	14	-28		-28	-28	-28	-112	-17.82	20.97
MEDIO BIOLÓGICO	FLORA	Biodiversidad	14	-28		-28			-56	-8.91	10.48
	FAUNA	Biodiversidad	14	-25		-25			-50	-7.95	9.36
MEDIO SOCIOECONÓMICO	PAISAJE	Alteracion del paisaje	15	-30	-23	-33		-29	-115	-19.60	23.06
			Σ UIP = 88						Σ Iri = -84.99		
IMPORTANCIA (Ij)				-160	-62	-176	-80	-103			
IMPORTANCIA RELATIVA (Iri)				-25.39	-7.49	-25.20	-10.58	-16.33	Σ Iri = -84.99		
PORCENTAJE (%)				29.87	8.81	29.66	12.45	19.21			

Al analizar la matriz de valoración cualitativa se puede apreciar que la acción más agresiva se da al paisaje con un valor $I_r=23.06\%$, seguido del cambio de uso de suelo con un valor $I_r=22.84\%$.

4.5. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Sobre la base de los impactos negativos identificados y caracterizados, con objeto de mitigar su efecto y con ello minimizar los riesgos a ellos atribuibles, se propone implementar un conjunto de medidas aplicables tanto para la etapa de construcción como para la de operación y mantenimiento del relleno sanitario.

Las medidas del Plan de Manejo Ambiental tienen por objeto orientar las acciones para evitar de manera oportuna la ocurrencia de impactos ambientales negativos que interfieran significativamente en el normal desarrollo del mismo y minimizar los efectos ambientales que generan las actividades que conllevan las etapas de construcción, operación, mantenimiento y cierre técnico del Relleno Sanitario.

4.5.1. PRINCIPALES IMPACTOS POTENCIALES Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Se describen a continuación los impactos negativos y sus respectivas medidas de mitigación.

Los impactos ambientales anteriormente descritos, pueden ser prevenibles, mitigables, minimizables, controlables y corregibles en la medida que se tomen todas las precauciones en las distintas etapas del proyecto

Cuadro 4.20 Medidas de Mitigación de Impactos

ÁREA AMBIENTAL	MEDIDA DE MITIGACIÓN
Paisaje y Estética	<ul style="list-style-type: none">- Las medidas de diseño desarrolladas para que exista una adaptación a la geoforma del lugar.- Manejo de coberturas similares a la tipología de la zona- Arborización con especies vegetales endémicas de la zona, Integración al paisaje comunal- Descarga de los residuos sólidos en la base del frente de trabajo- Instalación de una cerca portátil alrededor del frente de trabajo.- Recolección de materiales dispersos al término de cada jornada y depositarlo en el sitio donde se construye la celda diaria.
Calidad del Aire (gases, polvo)	<ul style="list-style-type: none">- Riego sobre las superficies de suelo desnudas y en el lugar donde se realice el acopio de material de cobertura, Utilización de pantallas Vegetación (árboles, arbustos)- Construcción de celdas según el avance del relleno.- Verificar buen estado de escapes de vehículos de transporte de residuos.- Instalar chimeneas de ventilación para difusión y quema del gas.- Construcción de una cobertura final adecuada con material de manera a impedir la migración del gas de relleno al ambiente.
Contaminación del Suelo	<ul style="list-style-type: none">- La limpieza y retiro de la cobertura vegetal del terreno se realizara en etapa de acuerdo al avance del relleno.- Construcción de terraplenes y drenajes perimetrales para la intercepción de aguas de escorrentías, para evitar la erosión del terreno.- impermeable de la base, con geomembrana.- Monitoreo del buen funcionamiento del sistema de drenajes de lixiviados.
Olores	<ul style="list-style-type: none">- Cobertura diaria para mitigar olores por descomposición de residuos orgánicos.- Implantación de cercos vivos.
Moscas y Vectores	<ul style="list-style-type: none">- Implementar planes de fumigación con productos organofosforados para evitar la proliferación de vectores.
Condiciones de Operación	<ul style="list-style-type: none">- Medidas de Prevención de Riesgos.- Capacitación de los operadores en el manejo del relleno sanitario- Monitoreo y Control permanente de condiciones de operación.- Medidas Sanitarias y de Seguridad

4.5.2. PROGRAMA CORRECTIVO/PREVENTIVO

▪ Control de Polvo.

Actividades:

- _ El residente de obra dispondrá que se controle el polvo durante los procesos de movimientos de tierra en condiciones atmosféricas desfavorables (vientos fuertes), mediante la aplicación de riego sobre las superficies de suelo desnudas y en el lugar donde se realice el acopio de material de cobertura.
- _ Los riegos serán ejecutados cada vez que sean necesarios, es decir cuando el suelo ha perdido su humedad natural. El agua podrá ser suministrada manualmente mediante mangueras de tipo uso doméstico.
- _ En épocas secas, los camiones y maquinaria pesada, disminuirán su velocidad con el fin de evitar generar una excesiva contaminación del aire con polvo y material particulado.

▪ Control de Olores y Gases.

Actividades

- _ Instalar chimeneas de ventilación para difusión y quema del gas.
- _ Construcción de una cobertura final adecuada con material de manera a impedir la migración del gas de relleno al ambiente.
- _ Cobertura diaria para mitigar olores por descomposición de residuos orgánicos.
- _ Implantación de cercos vivos.

▪ Prevención de la Contaminación al Suelo.

Actividades:

- _ Mantener una valla de protección alrededor de los sitios de descarga de residuos para evitar que se esparzan por la acción del viento residuos como papel y plástico.
- _ Drenes de lixiviados al fondo de las plataformas, los que estarán conformados por grava de piedra caliza, lo que ayuda a la digestión anaerobia, lo que elimina la generación de malos olores.

- _ Para evitar la infiltración de aguas lluvias, en los sitios donde se ubican las plataformas y se generen lixiviados, se implementará un sistema de drenaje de aguas lluvias, el mismo que contempla la evacuación de aguas lluvias por canales temporales y permanentes. Los canales temporales se ubicarán a los lados de las plataformas, de manera que sean dispuestos en forma paralela, estos canales se excavarán cada vez que se adecúe una nueva plataforma a ser operada.

▪ **Control de Plagas y Vectores.**

Actividades

- _ Para el control de moscas se utilizará mosqueras con cebo, las mismas que consisten en recipientes plásticos, de aproximadamente 4 litros de capacidad, en que se realizan 4 orificios con un diámetro de 7.5 cm., en el tercio superior del envase y el fondo se coloca una cucharada de cebo para moscas, el mismo que está formado por la feromona muscalure. Las moscas entran, se alimentan del cebo y mueren en la mosquera, esto además servirá para determinar la cantidad de moscas existentes en el lugar y ver la necesidad de implementar un mayor número de mosqueras.
- _ En el caso de que se presenten cucarachas, el control se realizará de la siguiente manera:
 - ✓ Se utilizarán trampas pegajosas, las mismas que constan de una caja con alimento y adhesivo en el interior. Las cucarachas ingresan atraídas por el olor del alimento y quedan pegadas en el adhesivo.
 - ✓ En caso de ser insuficiente el sistema de control de cucarachas anterior, se utilizará carnadas, las mismas que deberán contener como ingrediente activo uno de los siguientes componentes: hydramethylnon, fipronil, ácido bórico o sulfluramid.

Tanto las trampas pegajosas como las carnadas se ubicarán principalmente alrededor de la plataforma en operación.

- _ Para el control de roedores, se utilizará cebos con raticida, los que serán colocados en la parte interior del cerramiento perimetral del relleno sanitario, a una distancia aproximada de 20 m., además es recomendable situarlos en los alrededores de las plataformas en funcionamiento y el área de compostaje, para lo cual se aplicará el siguiente procedimiento:

- ✓ Las trampas deben ser colocadas en los sitios por donde se tendría el tránsito de los roedores evitando cualquier tipo de obstrucción a la entrada y salida de la trampa. Las trampas deben tener los avisos de peligro por el contenido de veneno, estas trampas se elaborarán con tubo PVC de 4 pulgadas de diámetro y 25 cm. de longitud.
- ✓ El personal tendrá la responsabilidad de ubicar las posibles guaridas y túneles que indican presencia de roedores en los recorridos semanales que se realizarán por las instalaciones del relleno.
- ✓ En caso de encontrar madrigueras, se deberá proceder a sellar la entrada con cemento y a revisar todos los alrededores buscando otros posibles sitios de peligro.
- ✓ El personal operativo, también será el encargado de revisar permanentemente las trampas y verificar que todas estén cargadas con veneno, de lo contrario procederá a depositar el veneno en las trampas.
- ✓ En caso de encontrar restos de roedores muertos, estos deben ser colocados en fundas debidamente selladas y enviadas a las celdas de residuos peligrosos
- ✓ Venenos empleados: Sólidos a base de Brodifacoum al 0.003 – 0.005%.
- ✓ En las trampas se deberá colocar no menos de 10 gr. de veneno sólido por cada dosis.

▪ **Mejoramiento del Paisaje.**

Actividades

- _ Las medidas de diseño desarrolladas para que exista una adaptación a la geoforma del lugar.
- _ Manejo de coberturas similares a la tipología de la zona
- _ Arborización con especies vegetales endémicas de la zona, Integración al paisaje comunal
- _ Descarga de los residuos sólidos en la base del frente de trabajo
- _ Instalación de una cerca portátil alrededor del frente de trabajo.
- _ Recolección de materiales dispersos al término de cada jornada y depositarlo en el sitio donde se construye la celda diaria.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- _ En la caracterización de residuos sólidos domiciliarios se determinó que el componente Orgánico tiene mayor porcentaje y representa el 35.65% del total de residuos.
- _ La generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios es de: $GPC = 0.436$ Kg/hab./día.
- _ La Generación Diaria de Residuos municipales es de 2.881 Ton. Por lo que corresponde un “Relleno Sanitario Manual”.
- _ El terreno donde se proyecta el relleno sanitario presenta una topografía combinada entre ondulado y escarpado, con pendientes no continuas, presentando partes con pendientes medias (5 a 10% de pendiente), y partes con pendientes fuertes (mayores del 10%).
- _ Según la clasificación SUCS el suelo predominante es de tipo SM (Arenas limosas, mezcla de arena y limo).
- _ Para una vida útil de 20 años del relleno sanitario se necesita una área de 2.32 Ha.
- _ Se empleara el método combinado (trinchera y área), iniciando con el método de trinchera y se continuara con el método del área.
- _ Se proyecta 20 trincheras de sección típica 45mx7mx3.45m con una vida útil de 3 meses
- _ La celda diaria tendrá un área aproximada de 10m² y una altura de 1.15m en trinchera y 1.10m en terraza o plataforma (incluyendo material de cobertura).

5.2. RECOMENDACIONES

- _ El proceso constructivo de las trincheras se debe hacer de acuerdo al diseño.
- _ La cobertura final compactada debe ser de 0.6 m como mínimo, realizado en dos etapas, con capas de 0.30m a intervalo de un mes; la cobertura diaria será de 0.15m
- _ No se debe ser muy exigente con la calidad del material de cobertura para un relleno sanitario manual; hay que aprovechar la tierra que se encuentre más accesible ya que es muy importante cubrir los desechos.
- _ Se recomienda la impermeabilización de la base de las trincheras y zanjas de almacenamiento de lixiviado con geomembrana $e=1\text{mm}$, debido a que el suelo tiene una permeabilidad media

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- _ Ministerio del Ambiente-Perú, “Guía Metodológica Para El Desarrollo Del Estudio De Caracterización De Residuos Sólidos Municipales”.
- _ Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos. DS N° 057-2004-PCM.
- _ Ministerio del Ambiente-Perú. VIII Reunión Anual Evaluación de la gestión de los residuos sólidos en el Perú: Conclusiones y recomendaciones.
- _ Ministerio del Ambiente-Perú, “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”
- _ Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental, “Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales: curso de autoaprendizaje”
- _ Alejandro Barradas Rebolledo, “Planificación de la gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales”, Veracruz, México, noviembre 2009
- _ Eva Röben, Diseño, “Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales”, Loja, Ecuador 2002
- _ CINYDE S.A.C, "Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Relleno Sanitario de Shougang Hierro Perú S.A.A - Lima 2008.

ANEXOS



SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE EDUCACION SUPERIOR
UNIVERSITARIA (SUNEDU)
CATALAGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN Y TESIS

FORMATO Nº 5

RESUMEN DEL TRABAJO DE INVESTIGACION Y TESIS

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Título del proyecto: Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos y Diseño de Relleno Sanitario en el Distrito de Oyotún, Provincia de Chiclayo – Lambayeque
- 1.2 Código del proyecto: IC – 2014 – 164
- 1.3 Orientación de la investigación
- 1.3.1 Área de investigación: Construcción de Obras Civiles (Infraestructura Civil)
- 1.3.2 Línea de investigación: Gestión de los Residuos Sólidos
- 1.4 Personal investigador
- 1.4.1 Autor(es):
Caruajulca Rubio David (divad.rc@hotmail.com)
- 1.4.2 Asesor
Ing. Sergio Bravo Idrogo
- 1.5 Universidad donde cursó estudios: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
- 1.6 Universidad donde se tituló: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
- 1.7 Facultad : Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura
- 1.8 Carrera Profesional : Ingeniería Civil
- 1.9 Nivel : Pregrado
- 1.10 Título profesional a obtener: Ingeniero Civil

II. RESUMEN DEL PROYECTO

2.1 Descripción de la realidad problemática

Inadecuada disposición final de los residuos sólidos generados en la zona urbana del Distrito de Oyotún, está originando impactos ambientales negativos, debido a que son eliminados en un botadero a cielo abierto, creándose focos de infección que perjudican la salud de los pobladores y el medio ambiente.

2.2 Formulación de la pregunta de Investigación

¿Cómo determinar una adecuada disposición final de los residuos sólidos urbanos generados en el distrito de Oyotún, provincia de Chiclayo – Lambayeque?

2.3 Objetivos

a) Objetivo general

Determinar la caracterización de residuos sólidos urbanos y diseño de relleno sanitario en el Distrito de Oyotún, Provincia de Chiclayo – Lambayeque, que contribuirá a reducir significativamente los focos de contaminación, y como consecuencia mejorar las condiciones ambientales y de salud de la población.

b) Objetivos específicos

- Determinar la composición de los residuos sólidos urbanos en el Distrito de Oyotún.
- Cuantificar la generación de residuos sólidos urbanos per cápita en el Distrito de Oyotún.
- Estudio Topográfico.
- Análisis de Mecánica de suelos.
- Diseño de Relleno Sanitario

2.4 Formulación de la hipótesis

La determinación de una adecuada disposición final de los residuos sólidos urbanos generados en el distrito de Oyotún, provincia de Chiclayo – Lambayeque, es mediante La Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos y el Diseño de un Relleno Sanitario.

2.5 Marco teórico

2.5.1. Antecedentes de Otras Investigaciones

Perfil técnico aprobado (setiembre de 2014) “Mejoramiento de la Gestión Integral del Plan Residuos Sólidos Municipales en Oyotún, Distrito de Oyotún - Chiclayo – Lambayeque”, con Código SNIP: 304069.

2.5.2. Base Teórica

MINISTERIO DEL AMBIENTE, “GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES”

¿Qué es un estudio de Caracterización de Residuos Sólidos?

Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a 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 permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también

la planificación administrativa y financiera, ya que sabiendo cuánto de residuos sólidos se genera en cada una de las actividades que se producen en el distrito, se puede calcular la tasa de cobros de arbitrios.

Como tal representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos de gestión ambiental de residuos sólidos así como proyectos de inversión pública referidos a gestión de residuos sólidos y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.

“REGLAMENTO DE LA LEY N° 27314, LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. DS N° 057-2004-PCM”

El relleno sanitario es una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con los dispositivos para el control y manejo de las emisiones (líquidos y gases) que se generan producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental.

Los rellenos sanitarios de acuerdo al tipo de operación se clasifican en tres:

- Relleno sanitario manual: El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno.
- Relleno sanitario semi mecanizado: La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.
- Relleno sanitario mecanizado: La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, “GUÍA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CIERRE DE RELLENO SANITARIO MANUAL”

Criterios Para El Estudio de Selección de Área, EIA y Proyecto **ASPECTOS TÉCNICOS**

Ubicación del área para relleno sanitario

Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo es preferible ubicar el sitio alejado de centros poblados, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se puede usar como área verde.

Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano al centro urbano al cual va servir por razón del menor costo en la operación del transporte de residuos, sin embargo 1 Km es la menor distancia límite que debe existir entre la población del centro poblado más cercano, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

Por excepción y de acuerdo a lo que establezca el respectivo EIA, la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA podrá autorizar distancias menores o exigir distancias mayores, sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población, que pueda generar el relleno sanitario.

Material para cobertura

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en material de cobertura (tierra) para su construcción como sea posible.

Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse bancos de material para cobertura en lugares próximos y accesibles tomando en cuenta el costo de transporte.

Vida útil

La capacidad del área debe ser suficientemente grande para permitir su utilización durante un periodo igual o mayor de cinco (05) años, a fin de que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación, instalación y las obras de infraestructura.

Vías de acceso

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia del área urbana a servir y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

Topografía

El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea.

Compatibilización con el uso de suelo y planes de expansión urbana

De igual manera la ubicación de una infraestructura de disposición final debe estar acorde a la proyección de expansión de la población, así como también debe compatibilizar con el uso de suelos, esto contemplado en el Plan de desarrollo urbano distrital o el plan de acondicionamiento territorial de los Gobiernos Provinciales.

Compatibilización con el plan de gestión integral de residuos en la provincia

Es necesario tomar en cuenta si el proyecto de relleno sanitario fue considerado como una alternativa para la disposición final de residuos sólidos dentro del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia.

Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos

Para la evaluación de este aspecto técnico considerar las siguientes variables: tamaño del terreno, la capacidad útil del terreno, la situación sanitaria actual respecto a la presencia de pasivos ambientales como existencia de botaderos pasados o actuales, proximidad a las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales, como a fuentes de aguas subsuperficial, y antecedentes de conflictos sociales o quejas sociales por residuos sólidos en la zona.

Condiciones climáticas

La ubicación del área deberá seleccionarse de tal manera que la condición climática sea favorable para la ubicación del proyecto. La dirección del viento predominante es importante, debido a las molestias que puede causar tanto en la operación, por el polvo y papeles que se levantan, como por el posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Asimismo será importante conocer las condiciones meteorológicas de precipitación, temperatura y humedad relativa serán favorables a la biodegradación de los residuos.

Geología

Un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) el sitio para el relleno sanitario.

Los suelos sedimentarios con características areno - arcillosas son los más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual la infiltración de líquido contaminante se reduce sustancialmente.

Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

Los terrenos identificados no deberán estar ubicados sobre o cerca de fallas geológicas ni en zonas con riesgos de estabilidad ni deben tener la posibilidad de ocurrencia de inundación por acumulación de aguas pluviales o avenidas.

Hidrogeología

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

Hidrología superficial

Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento;

partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario.

Preservación del patrimonio arqueológico

La preservación del patrimonio arqueológico es un criterio importante, el terreno no debe estar ubicado en un área perteneciente a una zona arqueológica de ser así es un criterio de restricción de ubicación.

Preservación de áreas naturales protegidas

Para la evaluación del siguiente criterio es importante que el lugar posible no afecte un área natural protegida por el estado.

En caso si existiese este sería un criterio de restricción de ubicación.

Vulnerabilidad del área a desastres

Es importante definir si el terreno es vulnerable a desastres naturales, de ser así los rellenos sanitarios no deberán ubicarse en estas áreas.

2.5.3. Definición de Términos

Para los fines de un correcto entendimiento del presente proyecto se precisan los siguientes términos.

- AGUAS DE ESCORRENTÍA.- Aguas que no penetran en el suelo o que lo hacen lentamente y que corren sobre la superficie del terreno después de la lluvia.
- AMBIENTE.- Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.
- AEROBIO.- Relativo a la vida o a procesos que puedan ocurrir únicamente en presencia de oxígeno.
- ANAEROBIO.- Relativo a la ausencia de oxígeno libre. Requerimiento de ausencia de aire o de oxígeno para la degradación de la materia orgánica.
- BIODEGRADABLE.- Dicho de la materia orgánica que tiene la cualidad de ser metabolizada por medios biológicos.
- BIOGÁS.- Mezcla de gases de bajo peso molecular (metano, bióxido de carbono, etc.) producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
- BIÓXIDO DE CARBONO.- Gas incoloro y más pesado que el aire. Altamente soluble en el agua, donde forma soluciones de ácidos débiles corrosivos. No inflamable por causa de su metabolismo anaerobio. Su fórmula química es CO₂.
- BOTADERO: Acumulación de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.

- **COMPACTACIÓN.-** Acción de presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él. El propósito de la compactación en el relleno sanitario es disminuir el volumen que ocuparan los residuos sólidos municipales a fin de lograr una mayor estabilidad y vida útil.
- **DISPOSICIÓN FINAL:** Proceso u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.
- **INFRAESTRUCTURA DE DISPOSICIÓN FINAL:** Instalación debidamente equipada y operada que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos, son los rellenos sanitarios y rellenos de seguridad.
- **LIXIVIADO:** Líquido producido fundamentalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura que atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes. Otros factores que contribuyen a la generación de lixiviado son el contenido de humedad propio de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.
- **RELLENO SANITARIO.** Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.
- **RESIDUO ORGÁNICO.** Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición.
- **RESIDUOS COMERCIALES:** Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales análogas. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares.
- **RESIDUOS DE LIMPIEZA DE ESPACIOS PÚBLICOS:** Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.
- **RESIDUOS DEL ÁMBITO DE GESTIÓN MUNICIPAL:** Son los residuos de origen domiciliario, comercial, de limpieza de espacios públicos y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos.
- **RESIDUOS DOMICILIARIOS:** Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares.

- **TRATAMIENTO.-** Cualquier proceso, método técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente.
- **VECTORES.-** Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.
- **VIDA ÚTIL.-** Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir residuos de manera continua.

2.6 Conclusiones y resultados

- En la caracterización de residuos sólidos domiciliarios se determinó que el componente Orgánico tiene mayor porcentaje y representa el 35.65% del total de residuos.
- La generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios es de: $GPC = 0.436$ Kg/hab./día.
- La Generación Diaria de Residuos municipales es de 2.881 Ton. Por lo que corresponde un “Relleno Sanitario Manual”.
- El terreno donde se proyecta el relleno sanitario presenta una topografía combinada entre ondulado y escarpado, con pendientes no continuas, presentando partes con pendientes medias (5 a 10% de pendiente), y partes con pendientes fuertes (mayores del 10%).
- Según la clasificación SUCS el suelo predominante es de tipo SM (Arenas limosas, mezcla de arena y limo).
- Para una vida útil de 20 años del relleno sanitario se necesita una área de 2.32 Ha.
- Se empleara el método combinado (trinchera y área), iniciando con el método de trinchera y se continuara con el método del área.
- Se proyecta 20 trincheras de sección típica 45mx7mx3.45m con una vida útil de 3 meses
- La celda diaria tendrá un área aproximada de 10m² y una altura de 1.15m en trinchera y 1.10m en terraza o plataforma (incluyendo material de cobertura).

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio del Ambiente-Perú, “Guía Metodológica Para El Desarrollo Del Estudio De Caracterización De Residuos Sólidos Municipales”.
- Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos. DS N° 057-2004-PCM.
- Ministerio del Ambiente-Perú. VIII Reunión Anual Evaluación de la gestión de los residuos sólidos en el Perú: Conclusiones y recomendaciones.
- Ministerio del Ambiente-Perú, “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) - área de Desarrollo sostenible y salud ambiental, “Diseño, construcción, y operación de rellenos sanitarios manuales: curso de autoaprendizaje”
- Alejandro Barradas Rebolledo, “Planificación de la gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales”, Veracruz, México, noviembre 2009
- Eva Röben, Diseño, “Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales”, Loja, Ecuador 2002
- CINYDE S.A.C, "Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Relleno Sanitario de Shougang Hierro Perú S.A.A - Lima 2008.

CARUAJULCA RUBIO DAVID
Autor

Ing. SERGIO BRAVO IDROGO
Asesor