

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“PLAN DE CIERRE Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS  
POR RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE  
“SAN JOSÉ” - ANDAHUAYLAS, APURÍMAC”**

**Presentado por:**

**ROGER ANTONIO PÉREZ CCAHUANA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**Lima – Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“PLAN DE CIERRE Y RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS  
POR RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL BOTADERO DE  
“SAN JOSÉ” - ANDAHUAYLAS, APURÍMAC”**

Presentado por:

**Roger Antonio Pérez Ccahuana**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

---

Dra. Rosemary Vela Cardich  
PRESIDENTE

---

Mg. Sc. Wilfredo Baldeón Quispe  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Armando Aramayo Bazzetti  
MIEMBRO

---

Ing. Lawrence Quipuzco Ushñahua  
ASESOR

*A mis padres y mi familia  
por su amor y apoyo constante e incondicional*

*A aquella impredecible e incomprensible  
pero no menos amada,  
tierra de Andahuaylas*

## **Agradecimientos**

A los Ing. Martina Ccahuana Limachi e Ing. Victor Perez Quispe, verdaderos ingenieros, por su paciencia, sacrificio, aliento y su apoyo desinteresado sin los cuales no hubiese sido posible haber culminado este trabajo.

A mis hermanos, sobrinos y a toda mi familia por su apoyo, aliento y por ser la excusa perfecta para empezar este trabajo.

A mi asesor Ing. Lawrence Quipuzco Ushñahua por su tiempo brindado, consejos, sugerencias y darme ánimos en el desarrollo de la investigación.

A los jurados Dra. Rosemary Vela Cardich, Mg.Sc. Wilfredo Baldeón Quispe y Mg. Sc. Armando Aramayo Bazetti por su invaluable tiempo, aportes, consejos y sugerencias desde inicio hasta final del desarrollo de la investigación.

A Yoan Aréstegui Flores, Víctor Huarcaya Pusari y Lourdes Chacón Rodas por su apoyo y motivación en la ejecución y culminación de la investigación.

Al Sr. Marcelino Guillen, Juvenal y los recicladores del botadero “San José” por su colaboración en la investigación.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 MARCO LEGAL .....	3
2.1.1 Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos .....	3
2.1.2 Decreto Supremo N° 057-2004-PCM Reglamento de la Ley N° 27314 .....	3
2.2 RESIDUOS SÓLIDOS.....	3
2.3 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES O URBANOS .....	4
2.4 RELLENO SANITARIO.....	4
2.5 BOTADERO.....	5
2.6 IMPACTOS DE LOS BOTADEROS .....	6
2.6.1 Lixiviados .....	7
2.6.2 Contaminación de aguas superficiales .....	8
2.6.3 Contaminación de aguas subterráneas .....	8
2.6.4 Contaminación de Suelos .....	9
2.6.5 Contaminación atmosférica .....	9
2.6.6 Riesgos a la salud ocupacional.....	10
2.6.7 Degradación del paisaje .....	11
2.6.8 Fauna y Flora .....	11
2.6.9 Impactos a la salud .....	12
2.6.10 Otros impactos.....	13
2.7 SITUACIÓN DE LOS BOTADEROS .....	13
2.7.1 En el mundo .....	13
2.7.2 En el Perú .....	14
2.8 METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE BOTADEROS .....	16
2.8.1 Metodología del Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAM.....	16
2.8.2 Metodología de diagnóstico ambiental de Vertederos de Residuos Urbanos .....	19
2.8.3 Metodología EVIAVE Modificada, Universidad de Granada .....	20
2.8.4 Otras aplicaciones de metodologías de diagnóstico y clausura de botaderos .....	31
2.8.5 Métodos de cierre de botaderos.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
4.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL BOTADERO “SAN JOSÉ” .....	34
4.1.1 Recopilación bibliográfica.....	34
4.1.2 Descripción del área de estudio .....	35
4.1.3 Mediciones y estudios de campo .....	44
4.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	50
4.2.1 Metodología CONAM .....	50
4.2.2 Metodología EVIAVE .....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	75
4.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL BOTADERO “SAN JOSÉ” .....	75
4.1.1 Características del botadero .....	75
4.1.2 Análisis de lixiviados .....	83
4.1.3 Encuesta de percepción ambiental .....	85

<b>4.2</b>	<b>EVALUACIÓN AMBIENTAL</b> .....	<b>91</b>
4.2.1	Metodología CONAM .....	91
4.2.2	Metodología EVIAVE .....	94
4.2.3	Priorización de medidas de acción .....	105
<b>4.3</b>	<b>PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL</b> .....	<b>107</b>
4.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	107
4.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	107
4.3.3	ACTIVIDADES PREVIAS.....	108
4.3.4	ACTIVIDADES DE CIERRE .....	110
4.3.5	MONITOREO AMBIENTAL Y SEGUIMIENTO.....	118
4.3.6	MANTENIMIENTO Y ACCIONES CORRECTIVAS .....	119
4.3.7	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	120
4.3.8	PRESUPUESTO.....	120
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>122</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>124</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>125</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>131</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los botaderos .....	5
Tabla 2: Clasificación de los sitios de disposición final de residuos .....	6
Tabla 3: Clasificación de los riesgos ocupacionales según frecuencia y gravedad.....	11
Tabla 4: Enfermedades causadas por los vectores de los botaderos .....	13
Tabla 5: Metodología de categorización de botaderos según su prioridad de clausura .....	17
Tabla 6: Metodología de categorización de botaderos según los impactos.....	18
Tabla 7: Categorización final de botaderos .....	19
Tabla 8: Variables y su afección en los elementos del medio .....	23
Tabla 9: Clasificación de las variables según su relación .....	24
Tabla 10: Índice de Riesgo de Contaminación de cada variable.....	25
Tabla 11: Descriptores ambientales de la metodología EVIAVE.....	25
Tabla 12: Clasificación y valoración de los descriptores ambientales .....	26
Tabla 13: Cálculo de los valores ambientales para cada elemento del medio.....	27
Tabla 14: Clasificación de los valores ambientales para cada elemento del medio .....	28
Tabla 15: Clasificación de las Probabilidades de Contaminación.....	29
Tabla 16: Valores máximos y mínimos del Índice de Riesgo de Contaminación.....	29
Tabla 17: Clasificación del Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio .....	30
Tabla 18: Clasificación del Índice de Interacción Medio Vertedero.....	31
Tabla 19: Documentos de referencia de recolección de información para el diagnóstico .....	34
Tabla 20: Flora encontrada en el área del botadero.....	37
Tabla 21: Fauna encontrada en el área del botadero .....	37
Tabla 22: Valor promedio de la precipitación total mensual .....	38
Tabla 23: Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, aire y ruido .....	39
Tabla 24: Resultados de monitoreo de calidad de agua .....	40
Tabla 25: Resultados de monitoreo de calidad de agua (metales).....	41
Tabla 26: Resultados de monitoreo de calidad de aire .....	41
Tabla 27: Resultados de monitoreo de ruido.....	42
Tabla 28: Identificación de factores ambientales y sociopolíticos.....	45
Tabla 29: Formato utilizado para visita al punto de vertido.....	46
Tabla 30: Formato utilizado para visita al punto de vertido (Continuación) .....	47
Tabla 31: Detalle de punto de muestreo.....	49
Tabla 32: Definición de la variable Asentamiento de los residuos .....	51
Tabla 33: Definición de la variable cobertura diaria.....	52
Tabla 34: Definición de la variable compactación.....	53

Tabla 35: Definición de la variable cobertura final.....	54
Tabla 36: Definición de la variable control de gases .....	55
Tabla 37: Definición de la variable control de lixiviados .....	56
Tabla 38: Definición de la variable edad de vertedero.....	56
Tabla 39: Definición de la variable estado de caminos internos .....	57
Tabla 40: Definición de la variable impermeabilización del punto de vertido .....	58
Tabla 41: Definición de la variable seguridad.....	59
Tabla 42: Definición de la variable sistema de drenaje superficial.....	60
Tabla 43: Definición de la variable talud del botadero .....	60
Tabla 44: Definición de la variable tamaño del botadero .....	61
Tabla 45: Definición de la variable tipo de residuo .....	61
Tabla 46: Definición de la variable vulnerabilidad de las aguas subterráneas.....	62
Tabla 47: Distancias mínimas a infraestructuras.....	63
Tabla 48: Definición de la variable distancia a infraestructuras .....	63
Tabla 49: Definición de la variable distancia a núcleos poblados.....	64
Tabla 50: Definición de la variable distancia a masas de aguas superficiales .....	64
Tabla 51: Definición de la variable erosión .....	65
Tabla 52: Definición de la variable fallas .....	65
Tabla 53: Definición de la variable morfología cauces superficiales.....	66
Tabla 54: Definición de la variable pluviometría.....	66
Tabla 55: Definición de la variable punto situado en áreas inundables (sin estudios).....	67
Tabla 56: Definición de la variable riesgo sísmico .....	67
Tabla 57: Definición de la variable viento .....	68
Tabla 58: Definición de la variable visibilidad .....	68
Tabla 59: Descriptores ambientales para el elemento aguas superficiales.....	70
Tabla 60: Descriptores ambientales para el elemento aguas subterráneas .....	71
Tabla 61: Clasificación del estado de calidad de aire .....	71
Tabla 62: Descriptores ambientales para el elemento atmósfera .....	72
Tabla 63: Descriptores ambientales para el elemento suelo.....	73
Tabla 64: Propuesta de categorización final de botaderos .....	74
Tabla 65: Distancia del origen de los residuos al botadero “San José” (en carretera) .....	78
Tabla 66: Total de Residuos Sólidos Municipales dispuestos en el botadero “San José” .....	79
Tabla 67: Composición de Residuos Sólidos dispuestos en el botadero “San José” .....	80
Tabla 68: Resultados de análisis de lixiviados del botadero San José .....	83
Tabla 69: Comparación de los resultados con los LMPs .....	84
Tabla 70: Comparación de los resultados con otros estudios.....	84
Tabla 71: Evaluación del botadero “San José” según la prioridad de clausura.....	92



Tabla 72: Evaluación del botadero “San José” según los impactos .....	93
Tabla 73: Resumen de clasificación de la variable .....	99
Tabla 74: Clasificación y Ponderación.....	100
Tabla 75: Determinación de la IRCj .....	101
Tabla 76: Determinación de la Probabilidad de Contaminación.....	102
Tabla 77: Determinación del valor de los descriptores ambientales .....	103
Tabla 78: Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio .....	103
Tabla 79: Determinación del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV).....	104
Tabla 80: Categorización del botadero “San José” por metodología de evaluación.....	105
Tabla 81: Priorización actuación sobre variables de botadero .....	106
Tabla 82: Cronograma de ejecución de medidas de acción .....	120
Tabla 83: Presupuesto de medidas de acción .....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Destino final de residuos sólidos municipales 2013 .....	14
Figura 2: Los 20 botaderos más críticos del Perú .....	15
Figura 3: Estructura jerárquica de la Metodología EVIAVE .....	21
Figura 4: Ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de agua, aire y ruido.....	39
Figura 5: Rosa de Vientos (Día).....	43
Figura 6: Rosa de Vientos (Noche) .....	43
Figura 7: Ubicación de puntos de monitoreo de lixiviados .....	48
Figura 8: Ubicación del botadero de “San José” – Andahuaylas .....	75
Figura 9: Distancia de distritos al botadero "San José" .....	78
Figura 10: Distribución de infraestructura actual del botadero "San José" .....	81
Figura 11: Problemática de la Comunidad Unión Chumbao.....	85
Figura 12: Existencia de botadero .....	86
Figura 13: Botadero como causante de contaminación.....	86
Figura 14: Componente afectado por el botadero .....	87
Figura 15: Afección de la vida cotidiana por el botadero .....	87
Figura 16: Grado de contaminación del botadero .....	88
Figura 17: Aspectos frecuentes del botadero por la cercanía de las viviendas.....	88
Figura 18: Modo de afección por vivir cerca del botadero .....	89
Figura 19: Responsable por la contaminación del botadero.....	89
Figura 20: Calificación del manejo del encargado del manejo del botadero.....	90
Figura 21: Posible solución ante problemática del botadero.....	90
Figura 22: Posible uso del terreno luego de cierre y recuperación.....	91
Figura 23: Diagrama de Pareto de variables de botadero.....	107
Figura 24: Cerco perimétrico de protección.....	110
Figura 25: Conformación de cuatro plataformas.....	111
Figura 26: Diseño de cobertura final de cierre .....	113
Figura 27: Diseño de canal de interceptación de lixiviados .....	114
Figura 28: Diseño de sistema de venteo de biogás.....	115
Figura 29: Diseño de sistema de drenaje de aguas superficiales.....	116
Figura 30: Diseño final de la recuperación del botadero.....	117
Figura 31: Diseño final de cierre y recuperación del botadero .....	118

## ÍNDICE DE ANEXOS

8.1	ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE TRABAJO DE CAMPO .....	131
8.2	ANEXO 2: FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO .....	139
8.3	ANEXO 3: ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS.....	141
8.4	ANEXO 3: ENCUESTA DE PERCEPCIÓN AMBIENTAL.....	144
8.1	ANEXO 5: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LIXIVIADOS.....	148
8.2	ANEXO 6: PLANO DE PROPUESTA FINAL .....	157

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue proponer un plan de cierre y recuperación ambiental del botadero de residuos sólidos municipales “San José” de la ciudad de Andahuaylas, Apurímac. Para ello se realizó un diagnóstico del botadero y se aplicó una evaluación de impacto ambiental basado en las metodologías de la Guía CONAM y Evaluación Ambiental de Vertederos de Residuos Urbanos (EVIAVE). Al evaluarse por la metodología CONAM por la prioridad de clausura y por impactos se obtuvo un valor final de 71.85% y 88% respectivamente, mientras que por la metodología EVIAVE se tiene un valor de IMV de 15.06 (60.24%). Por lo tanto el botadero “San José” es categorizado y/o clasificado como un botadero de “alto” y “muy alto riesgo” de acuerdo a las metodologías CONAM por la prioridad de clausura y por impactos respectivamente; y “alto impacto ambiental” bajo la metodología EVIAVE. Los resultados de ambas metodologías indican que la única acción a realizar es el cierre y recuperación del botadero, para lo cual se propone el método de cobertura de los residuos en el mismo lugar. Las variables del botadero que presentaron mayor riesgo de contaminación, y que fueron priorizadas para mitigar sus impactos, son: compactación, cobertura final, tipo de residuo, control de lixiviados, asentamiento de residuos, cobertura diaria, talud, tamaño de vertedero, control de gases, estado de caminos internos y sistema de drenaje superficial. Asimismo el orden de impacto ambiental en los elementos del medio, de mayor a menor, es el siguiente: salud y sociedad, atmosfera, aguas superficiales, suelo y aguas subterráneas. Las medidas de acción de cierre y recuperación ambiental del botadero de “San José” son la estabilización de taludes, compactación final, cobertura final, sistema de manejo de lixiviados, manejo de gases y sistema de drenaje de aguas superficiales.

**Palabras clave:** Residuos Sólidos Municipales, Plan de cierre, Botadero, Recuperación, Impacto Ambiental.

## ABSTRACT

The aim of this study was to propose a closure and environmental recovery plan of San Jose municipal solid wastes open dump in Andahuaylas, Apurimac. For this, was made a dump diagnostic that included the collection of bibliographic information, site visits, leachate sampling and a survey about environmental perception of closest community. Then was applied an environmental impact assessment of dump based on technical guide for closing and conversion of dump sites of 'Consejo Nacional del Ambiente' (CONAM) and 'Evaluacion Ambiental de Vertederos de Residuos Urbanos' (EVIAVE) methodologies. When it was evaluated by CONAM for closure priority and for impacts were obtained a final value of 71.85% y 88% respectively, while by EVIAVE methodology the final IMV values was 15.06 (60.24%). For this San Jose dump is cotegeorized/clasified as 'High risk' and 'Very high risk' by CONAM for closure priority and for impacts methodologies respectively, and 'High environmental impact' by EVIAVE methodology. The results in both methodologies indicate that only action to take is the closurre and environmental recovery. The closure and environmental recovery dump proposed method is closing by covering the waste in the same place (in-place method). The dump variables with higher risk of contamination, and were prioritized to mitigate their impacts are: compactation, final cover, slope, size dump, gases control, internal road state and surface drainage siystem. Also the order of environmental impact on the elements of the environment from highest to lowest was as follows: society and health, atmosphere, surface wáter, soil y groundwater. The environmental mitigaton and recovery activities for 'San Jose' dump are slope stabilization, final compactation, final cover, drainage lecheate system, gases management and drainage wáter superficiales manage.

**Key words:** Municipal Solid Waste, Closure Plan, Dump, Environmental Impact, Environmental Recovery

## I. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el hombre ha tratado de solucionar el problema de la eliminación de los residuos sólidos depositándolos en lugares alejados de la ciudad, en ríos o mares, o enterrándolos (Logreiro et al 2011). Debido al incremento en la generación de residuos sólidos y su peligrosidad hacen que ya no sea asimilable por el ambiente, por ello para evitar los efectos negativos de la acumulación, las ciudades optaron por llevarlos lejos de la población, a lugares como los botaderos. Sin embargo estos lugares han sido elegidos sin ningún criterio técnico, económico y ambiental, y su operación resulta ambientalmente insegura, por lo que ocasiona impactos ambientales al suelo, agua, aire, paisaje y la comunidad vecina (MINAMBIENTE 2002).

A nivel nacional, tan solo existen 11 rellenos sanitarios autorizados (MINAM 2014) para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. En el año 2013, en el área urbana, se generaron aproximadamente 18 533 toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales el 41.3% tuvo como destino final a un relleno sanitario, sin embargo el 46.2% tuvo como destino final a un botadero (MINAM 2014).

La ciudad de Andahuaylas, comprendido por los distritos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo; genera diariamente más de 50 toneladas de residuos sólidos y al no contar con un relleno sanitario, estos tienen como destino final al botadero de “San José”. En el botadero no existe un sistema de manejo de lixiviados; ausencia de sistema de drenaje de gases, se produce la quema constante de los residuos acumulados, los residuos sólidos invaden áreas agrícolas, existe la presencia de segregadores de residuos. Todos estos aspectos ocasionan impactos negativos sobre el ambiente, la salud y la sociedad. Por ello la única alternativa necesaria es el cierre definitivo y su recuperación, para lo cual es fundamental conocer a profundidad las características del lugar y la magnitud de los impactos.

El objetivo del presente trabajo fue realizar el diagnóstico ambiental del botadero “San José” de la ciudad de Andahuaylas; una evaluación ambiental utilizando las metodologías

de la Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos del CONAM y EVIAVE, y a partir de ello, finalmente se planteó una propuesta de plan de cierre y recuperación ambiental.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 MARCO LEGAL**

#### **2.1.1 Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos**

En el artículo 4, inciso 8, la ley señala que uno de los lineamientos de política, es establecer acciones orientadas a recuperar áreas degradadas por la descarga inapropiada e incontrolada de los residuos sólidos. En referencia a las obligaciones, en su artículo 10, las municipalidades provinciales son responsables de la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares en todo el ámbito de su jurisdicción, efectuando las coordinaciones con el gobierno regional para promover la ejecución, revalorización o adecuación, de infraestructura para el manejo de los residuos sólidos, así como para la erradicación de botaderos que pongan en riesgo la salud de las personas.

#### **2.1.2 Decreto Supremo N° 057-2004-PCM Reglamento de la Ley N° 27314**

En el artículo 8, inciso i, reiterando lo mencionado en la Ley, las municipalidades provinciales deben asegurar la erradicación de los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, así como la recuperación de las áreas degradadas por dicha causa, bajo los criterios de la Autoridad de Salud.

### **2.2 RESIDUOS SÓLIDOS**

De manera sencilla los residuos sólidos son definidos como todos los residuos derivados de las actividades humanas y de animales que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles y no deseados (UNEP 2005). La International Solid Waste Association (1992) enfocándose en la fuente de origen define a los residuos sólidos a cualquier rechazo o residuo de material, incluyendo lodos semisólidos, producido de lugares o



procesos domésticos, comerciales, o industriales incluyendo operaciones de minería y agricultura y plantas de tratamiento de agua.

Una definición más detallada se encuentra en la Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos (2000), donde se establece que los residuos sólidos son todas aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Esta definición además incluye los residuos generados por eventos naturales.

### **2.3 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES O URBANOS**

Los residuos que son objeto de la presente investigación son referidos a los residuos sólidos municipales. Son aquellos residuos gestionados por la autoridad municipal (ISWA 1992), generalmente de tipo doméstico y de otro tipo que, por su naturaleza y composición, son similares a los residuos domésticos (Directiva 1999/31/CEE 1999, Ley 27314 2000). También comprenden algunos residuos comerciales, residuos de actividades cívicas, de lugares de recolección/disposición de residuos por el público en general, los residuos del barrido de vías y aceras, residuos de excavación y algunos residuos de construcción y/o demolición de las actividades de las autoridades locales (ISWA 1992).

Generalmente los residuos sólidos municipales están compuestos por residuos orgánicos, papel, cartón, madera, materiales biodegradables e inorgánicos como vidrio, plástico, metales y material inerte (SEMARNAT 2001).

### **2.4 RELLENO SANITARIO**

Una de las técnicas más aplicadas en el mundo para la disposición final adecuada de los residuos sólidos son los rellenos sanitarios. El relleno sanitario es una instalación o emplazamiento para disponer sanitaria y ambientalmente los residuos sólidos en la superficie o subterráneo, para ello, hace uso de principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. En él se confinan los residuos en un área mínima y se reduce su volumen a lo más mínimo, con la finalidad de prevenir la contaminación o sin perjudicar al ambiente, salud y seguridad pública; y que a través de la restauración, el espacio disponible puede ser usado para otro propósito (Directiva 1999/31/CEE 1999, Ley 27341 2000, Meza 2012, ISWA 1997).

## 2.5 BOTADERO

Si se quisiera definir de manera sencilla a un botadero se podría decir que es lo opuesto a un relleno sanitario, dado que mientras en el relleno sanitario las emisiones son controladas y los impactos al ambiente y a la salud son mínimos en el botadero ocurre lo contrario.

El ISWA (2015) define el término botadero para caracterizar al lugar de disposición final donde tiene lugar el indiscriminado depósito de los residuos con muy limitadas medidas de control de operación y protección del ambiente que lo rodea. De forma similar la Guía Ambiental para el Cierre de Botaderos (2002) de Colombia refiere que los residuos se arrojan al suelo o se entierran si tener en cuenta los procedimientos técnicos de un relleno sanitario. Y que incluso los rellenos sanitarios mal diseñados y mal operados pueden tener características de un botadero. A esto la Ley General de Residuos Sólidos (2000) agrega que en estos lugares no se compactan ni se cubren de forma diaria los residuos y además pueden existir recicladores y criadores de cerdos que ponen en riesgo la salud y la contaminación del ambiente. Algunas de las características típicas de un botadero se señalan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Características de los botaderos**

<b>Tópico</b>	<b>Características</b>
<b>Ingeniería</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Descarga extendida y sin cobertura de residuos sólidos</li><li>- Fuego abierto y/o residuos periódicamente incendiándose</li><li>- Sin control o inspección de la entrada de residuos</li><li>- Sin control de disposición de residuos</li><li>- Sin compactación de los residuos</li><li>- Sin aplicación de la cobertura de suelo o mínima cobertura (a menudo solo para formar caminos de acceso)</li><li>- Lixiviados sin manejo y vertidos a ambiente</li><li>- Sin manejo de gases</li></ul>
<b>Planeamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Excavado del sitio sin organización</li><li>- Ausencia de seguridad</li><li>- Prácticas de manejo de residuos no controladas</li><li>- Política de servicio gratuito</li><li>- Oposición de los vecinos o población alrededor</li><li>- Prevalencia de insectos, perros, aves y otros vectores</li></ul>

FUENTE: ISWA 2006

La Asociación Internacional de Residuos Sólidos (2015) señala que en la clasificación de las opciones de disposición final de residuos sólidos, el botadero es la peor opción, mientras que el relleno sanitario es la mejor opción. Entre ellos, en el intermedio, existen varias opciones que difieren en las medidas de ingeniería y controles ambientales; y que a modo de comparación la podemos apreciar en la Tabla 2.

**Tabla 2: Clasificación de los sitios de disposición final de residuos**

<b>Criterio</b>	<b>Botadero a Cielo Abierto</b>	<b>Botadero Controlado</b>	<b>Relleno Sanitario</b>
Ubicación de la instalación	Lugares no planeados y a menudo no ubicados apropiadamente	Considera condiciones hidrogeológicas	La selección del lugar se basa en factores ambientales, sociales y económicos
Capacidad	La capacidad del sitio es	Capacidad planeada	Capacidad planeada
Planeamiento de celdas	No hay un planeamiento de las celdas Los residuos son dispuestos indiscriminadamente El área/frente de trabajo no es controlado	No hay un planeamiento de las celdas, pero el frente/área de trabajo es minimizado La disposición es solo en áreas diseñadas	Se diseña la celda de acuerdo su desarrollo El frente/ área de trabajo está orientado hacia la menor área practica La disposición es solo en celdas diseñadas
Preparación del sitio	Escasa o ninguna preparación del sitio	Nivelación del fondo del sitio Control de agua superficial y drenaje alrededor de la periferia del sitio	Preparación extensiva del sitio
Manejo de lixiviados	Ningún manejo del lixiviado	Manejo parcial de lixiviados	Manejo total de lixiviados
Manejo del gas	Ningún manejo del gas	Parcial o ningún manejo del gas	Manejo total del gas
Aplicación de la cobertura del suelo	Cobertura ocasional o ninguna cobertura del residuo	La cobertura de residuos se aplica regularmente pero no necesariamente de forma diaria	Aplicación diaria de suelo de cobertura intermedia y final
Compactación de residuos	Ninguna compactación de residuos	Compactación en algunos casos	Compactación de residuos
Mantenimiento de la vía de acceso	Mantenimiento no apropiado de la vía de acceso	Mantenimiento limitado de la vía de acceso	Desarrollo total y mantenimiento de la vía de acceso
Cerco	Sin cerco	Con cerco	Cerco seguro con puerta de ingreso
Ingreso de residuos	Ningún control de la cantidad y/o composición del ingreso de residuos	Control parcial o ningún tipo de control sobre la cantidad de residuos, pero los residuos aceptados se limitan a los Residuos Sólidos Municipales	Control total de la cantidad y composición de los residuos que ingresan Provisión especial para tipos de residuos especiales
Registro de records	Ningún registro de records	Registro básico de records	Registro completo del volumen de residuos sólidos, tipos, recursos y lugar de actividades/ eventos
Selección de residuos	Selección de residuos por segregadores	Selección y comercio controlado de residuos solidos	No existe la selección y comercio de residuos
Clausura	Clausura no apropiada del sitio luego del cese de operaciones	Actividades de clausura limitadas a la cobertura con pequeñas o parciales compactaciones del suelo y revegetación	Manejo total de la clausura y postclausura
Costo	Costo bajo al inicio, costo alto a largo plazo	De costo bajo a moderado al inicio, costo alto a largo plazo	Costos altos al inicio, operación y mantenimiento; y costos moderados a largo plazo
Impactos ambientales y a la salud	Potencial alto por incendios e impactos adversos al ambiente y a la salud	Menores riesgos de impactos adversos al ambiente y a la salud comparado con los botaderos a cielo abierto	Riesgo mínimo de los impactos adversos al ambiente y la salud

FUENTE: ISWA 2015

## 2.6 IMPACTOS DE LOS BOTADEROS

Como bien se apreció en el ítem anterior los botaderos poseen una serie de características, las cuales si no se toman las medidas de control adecuadas van a causar una serie de impactos al ambiente y a la salud.

### **2.6.1 Lixiviados**

Uno de los impactos más importantes de los botaderos, la contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea, es causado por los lixiviados y su efecto puede extenderse a lo largo del tiempo por 20 o 30 años posterior a la clausura del lugar de disposición (Garrido 2008).

El lixiviado es un líquido que se genera como producto de la descomposición de la fracción orgánica y putrescible de los residuos (Garrido 2008); y cuando el agua percola de forma intermitente a través de la masa de residuos que sufren descomposición (Sánchez 2013, ISWA 2015). La fuente de agua que percola a través de los residuos proviene principalmente de la lluvia, drenaje de agua superficial, agua subterránea y en una pequeña cantidad de la humedad de la masa de residuos.

Cuando el líquido percola al interior a través de los residuos incorpora en la solución constituyentes químicos y biológicos que contienen los residuos o los generados en el proceso de biodegradación; y además puede mezclarse con el líquido escurrido por el peso de los residuos. Por lo tanto, el lixiviado está compuesto de partículas disueltas y en suspensión que puede atravesar el nivel freático, contaminando fuentes de agua para consumo humano y fuentes de agua superficial.

El proceso de formación del lixiviado estará determinado por factores que contribuyan directamente a la disponibilidad del agua y aquellos que afecten en la distribución del lixiviado o humedad al interior del lugar de disposición (Paolini 2007). Por tal razón la calidad y cantidad del lixiviado están en función de las características geológicas de la ubicación del botadero, las condiciones meteorológicas, la superficie del lugar de disposición y el suelo subyacente, los procedimientos de operación y los tratamientos a los que se someten a los residuos (Sánchez 2013). La calidad del lixiviado depende principalmente del estado de degradación de los residuos, es decir en la etapa de fermentación en el que se encuentra o la edad del botadero (procesos físicos, químicos y biológicos); y el tipo de residuos dispuestos en el botadero (ISWA 2015, Sánchez 2013). Mientras que la cantidad de lixiviado dependerá de la disponibilidad del agua y de las condiciones atmosféricas; de las características del vertedero y del suelo subyacente (Paolini 2007).

### **2.6.2 Contaminación de aguas superficiales**

Al entrar el lixiviado en contacto con las fuente de agua dado su elevada carga orgánica, DBO5 y altos niveles el fosforo y nitrógeno disminuye el Oxígeno Disuelto disponible para los organismos y lo que puede llegar a causar el crecimiento descontrolado de algas y finalmente en un proceso de eutrofización. La disminución del oxígeno disuelto puede causar la sofocación de los peces al acumularse óxidos de hierro en las branquias, así como también la generación de malos olores y el deterioro de la estética de las fuentes de agua. La toxicidad de los contaminantes presentes en el lixiviado pueden afectar a la fauna en las fuentes de agua, incluso puede llegar a existir una relación con la mortalidad de anfibios con la elevada presencia de contaminantes tóxicos. Diversos estudios coinciden en la relación directa entre la disminución de la calidad de agua y el vertimiento de los lixiviados, es especial en el los puntos donde se unen las emisiones con la fuente de agua superficial (Paolini 2007, Sánchez 2007).

### **2.6.3 Contaminación de aguas subterráneas**

Paolini (2007) y Garrido (2008) afirman que la contaminación de las aguas subterráneas por la presencia de un lixiviado se da a través de tres mecanismos: (a) la percolación de la escorrentía superficial o aguas superficiales contaminadas, (b) ingreso directo de los lixiviados a través de suelo y (c) el intercambio de acuíferos.

Los vertederos tiene efecto variados en sobre las aguas subterráneas, uno de los cuales es la presencia en grandes concentraciones de metales trazas como Manganeso, Zinc y Hierro (Charles et al 2013). G Venkata Ramaiah (2014) encontró concentraciones elevadas de Solidos Totales Disueltos, Dureza Total, Calcio, Magnesio y Nitrato que superan los estándares para agua para consumo humano de India; esto debido a la penetración de lixiviados en las aguas subterráneas. En un estudio de Oyeku y Eludoyin (2010) se concluyó que las fuentes de agua subterránea, en un radio de 2 km del botadero de Olusosun, están contaminadas por metales pesados (Cobre, Hierro, Plomo, Zinc y Cobalto) y dicha larga extensión está asociada a la dispersión de los componentes químicos de los lixiviados producidos por el botadero. Dado que las concentraciones de los parámetros que se analizan en las fuentes de agua subterránea decrecen a medida que se alejan del botadero, lo que a su vez es un indicativo de que el riesgo de contaminación de las fuentes de agua subterránea también disminuirá (Ugwoha y Emete 2015). Además se puede apreciar una alta concentración por encima de los límites permisibles de Ecoli y

Coliformes Totales lo que supone riesgo para la salud humana y animal si es que los pozos subterráneos son usados como fuente para consumo (Akinbile y Yusoff 2011).

#### **2.6.4 Contaminación de Suelos**

Al utilizar la superficie de suelo para disponer residuos sólidos el impacto inmediato es sobre el sistema edáfico, porque se reemplaza el suelo por residuos sólidos. La alteración de la calidad edáfica del suelo se da principalmente por la producción de lixiviados, que al tener alta concentración de sustancias químicas ocasionan desbalances en el ciclo de nutrientes, las propiedades físicas del suelo y los ciclos biogeoquímicos (Calvo et al 2002, Garrido 2008).

Algunos autores como Ali et al (2014) consideran que el principal problema asociados a los lugares de disposición final es el riesgo potencial que representan para el suelo; esto a razón de cuando los residuos son dispuestos directamente en la superficie del suelo, una cantidad de contaminantes incluido metales pesados penetran rápidamente y contaminan el suelo y afectan a la abundancia de la vegetación del área. Incluso en botaderos clausurados hace 24 años se pueden observar un alto grado de concentración de metales pesados (Pb, Cr, Hg, Cd y Ni) en las capas superficiales que exceden los límites máximos permitidos (Sanchez 2010).

Además de la contaminación del suelo, en los botaderos los lixiviados tienen cierto efecto sobre las propiedades químicas e ingenieriles del suelo, dado que al reducir su resistencia general disminuye su utilidad como material de base (Pillai et al 2014).

#### **2.6.5 Contaminación atmosférica**

Garrido (2008) afirma que la contaminación de la atmósfera en los botaderos se puede dar de manera local y global. Localmente se pueden apreciar efectos como olores desagradables, incendios y explosiones, esto como producto de la generación de biogás, asimismo incendios provocados; material particulado y los ruidos producidos por la operación de maquinarias y transporte de residuos. El impacto global se da porque el biogás al tener principalmente componentes como el metano y dióxido de carbono pueden contribuir con el efecto de invernadero, sumándose los clorofluorcarbonados que tiene efectos en la disminución de la capa de ozono.

En los rellenos sanitarios y botaderos los residuos sólidos al ser cubiertos por otros residuos o material de cobertura, la fracción orgánica encuentra condiciones anaeróbicas, por tal razón en su descomposición generan biogás, que generalmente está compuesto mayoritariamente por metano y dióxido de carbono. De acuerdo al EPA (2016) en Estados Unidos los rellenos sanitarios son la fuente antropogénica más grande de emisión de metano a la atmósfera (25.7%), siendo los rellenos de tipo municipal los que contribuyen con el 95% de las emisiones. Estos datos generan cierta preocupación por impacto a nivel global en su contribución al cambio climático debido a que el metano es 25 veces más efectivo que el CO<sub>2</sub> para retener el calor en la atmósfera.

La quema de los residuos para reducir el volumen y su posterior eliminación es una práctica común que se observa en los botaderos. Sin embargo esta actividad encierra muchos peligros dado que la combustión a baja temperatura y a fuego lento de residuos a cielo abierto, independientemente del residuo que se queme, promueve la formación de muchos elementos tóxicos y potenciales nocivos como los furanos y dioxinas (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2008). La exposición a las primeras ha sido relacionada al cáncer, daño del hígado, erupción cutánea y desórdenes en la reproducción y el desarrollo. Además de las sustancias que también son liberados a la atmósfera por la quema de residuos están el material particulado, dióxido de carbono y monóxido de carbono, que superan los límites de calidad ambiental, representando un riesgo significativo para la salud humana (Rim-Rukeh 2014).

### **2.6.6 Riesgos a la salud ocupacional**

Una de las prácticas comunes en los botaderos de residuos sólidos municipales de las principales ciudades del país, es la segregación de residuos, que consiste en la recuperación de aquellos residuos que tienen valor económico en el mercado de reciclaje, generándose una fuente de ingresos por su comercialización. Sin embargo, esta actividad posee serios riesgos para la salud y seguridad ocupacional de los segregadores.

Farro et al (2008) calificaron a la segregación en los botaderos como una actividad laboral riesgosa y dado que los segregadores presentan diferentes afecciones a su salud, entre ellas: problemas de caries (96%), dermatitis y micosis (84%); faringitis (34%), bronquitis (17%) y cortes y mutilaciones (10%). Otros estudios afirman que comparado con otros, los trabajadores de los rellenos sanitarios tienen una alta prevalencia, relacionada al trabajo, de

síntomas dérmicos, neuromusculares, respiratorios, de oído, gastrointestinales y heridas. Los riesgos más frecuentes y de mayor gravedad se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 3: Clasificación de los riesgos ocupacionales según frecuencia y gravedad**

<b>Frecuencia</b>	<b>Gravedad</b>
Dolor de articulaciones	Enfermedades infecciosas
Heridas/cortes	Problemas respiratorios
Problemas respiratorios	Infecciones de piel
Desordenes gastrointestinales	Desordenes gastrointestinales
Fatiga	Dolor de articulaciones
Infecciones de piel	
Enfermedades infecciosas	

FUENTE: ISWA 2015

Es común observar que existe una ausencia o deficiencia en la gestión de salud y seguridad ocupacional de los botaderos. Al trabajar cerca de los recolectores de basura, que descargan los residuos, maquinarias que compactan y cubren los residuos; los segregadores están expuestos a riesgos de accidentes incluso fatales, además existe un riesgo permanente a las caídas, resbalones y tropiezos. La no utilización de los equipos de protección personal los hace más vulnerables a peligros como objetos punzocortantes y a la mordedura de roedores u otros animales (ISWA 2015).

### **2.6.7 Degradación del paisaje**

Hernandez y Pastor (2000) refieren que, respecto a la recuperación de áreas degradadas, las que tienen mayor degradación paisajística son aquellas donde se ubican los vertederos de residuos sólidos urbanos. No solo se altera el paisaje sino también al ecosistema natural, y junto al comercio ilegal dan como resultado aspectos como la depreciación de las áreas que ocupan los botaderos, dispersión de los residuos, contaminación atmosférica y la disminución de la seguridad del lugar (Montoro 2012). Finalmente no se puede disfrutar libremente de las áreas llegando incluso a comprometer el turismo del lugar (Acurio et al 2008).

### **2.6.8 Fauna y Flora**

Otros impactos que se pueden apreciar en los botaderos son los impactos indirectos sobre la fauna y flora a través de la contaminación de los componentes ambientales como agua, suelo y aire. Los animales pueden verse afectados por el consumo directo de los residuos,



animales y/o plantas contaminadas; y por el efecto de los lixiviados sobre las fuentes de agua. Mientras que la vegetación puede afectarse por los residuos, el polvo y el humo de la quema de residuos (ISWA 2015).

### **2.6.9 Impactos a la salud**

La existencia de ciertos contaminantes en el flujo de residuos, desde su origen hasta su recuperación, reciclaje o disposición final; o contaminantes que fueron creados por la acción de interacciones físico-químicas dentro del botadero, son asociados con los riesgos e impactos a la salud (ISWA 2015).

Según Jaramillo (1997) los riesgos se clasifican en directos e indirectos. Los primeros son debido al contacto directo con los residuos sólidos que pueden contener excrementos humanos y de animales. Los recolectores y los segregadores son el público más expuestos a razón de que no realizan su labor en las condiciones mínimas de seguridad y salud. Por lo tanto muestran incidencias altas en enfermedades y lesiones de diversas partes del cuerpo.

Los riesgos indirectos en la salud de la población son relacionados principalmente a la transmisión de enfermedades a través de vías indirectas. En los botaderos, los vectores de transmisión de enfermedades encuentran las condiciones adecuadas y la fuente de alimento necesaria en los residuos sólidos, para su reproducción. Los vectores que se pueden encontrar en los botaderos van desde pequeños insectos como los mosquitos hasta mamíferos medianos como los cerdos (CEPIS-BS/OPS 2007), quienes pueden causar diversas enfermedades tal como se aprecia en la Tabla 4.

La alimentación de animales de consumo humano con residuos sólidos, en especial la crianza de cerdos en botaderos, ponen en riesgo la salud pública. Los botaderos al ser lugares que carecen de condiciones mínimas sanitarias los cerdos acceden a excrementos y comidas contaminadas, lo que puede causar enfermedades como cisticercosis, toxoplasmosis, triquinosis y teniasis-cistecircosis (CEPIS-BS/OPS, 2007 y Jaramillo, 1997)

**Tabla 4: Enfermedades causadas por los vectores de los botaderos**

<b>Vector</b>	<b>Forma de transmisión</b>	<b>Enfermedad</b>
Moscas	Por vía mecánica(a través de las alas, patas y cuerpo) A través de las heces y saliva	Fiebre tifoidea, Salmonellosis, Disenterías, Diarrea infantil, Colera, Amebiasis, Giardiasis
Mosquitos	A través del picazón del mosquito hembra	Malaria, Leishmaniasis, Fiebre amarilla, Dengue, Encefalitis Vírica, Filariasis
Cucarachas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) y por las heces	Fiebre tifoidea, Gastroenteritis, Infecciones intestinales, Disenterías, Diarrea, Lepra, Intoxicación alimentaria
Ratas	A través del mordisco, orina y heces. A través de las pulgas que viven en el cuerpo de la rata.	Peste bubónica, Tifus murino, Leptosperosis (Enfermedad de Weil), Fiebre de Harverhill, Rickettsiosis vesiculosa, Enfermedades diarreicas, Disenterías, Rabia
Cerdos	Por ingestión de carne contaminada	Teniasis y cisticercosis, toxoplasmosis y triquinosis
Aves	A través de las heces	Toxoplasmosis

FUENTE: Jaramillo 1997, CEPIS-BS/OPS 2007

Otros efectos a la salud se derivan de la existencia de aves, los humos por la quema de los residuos los botaderos cercanos a vías y aeropuertos; y la existencia de dispersión de residuos en el interior de las vías. Los cuales generan riesgos, al limitar la visibilidad y el libre acceso, causando accidentes.

### **2.6.10 Otros impactos**

Entre otros impactos causados por los botaderos son los asentamientos diferenciales al realizar construcciones encima del botadero; consumen espacios territoriales que puede ser destinado a otro uso; expansión de los residuos sólidos a áreas mayores a los ocupados por los botaderos (Garrido 2008). En el caso de botaderos que se encuentran dentro de centros poblacionales existe inseguridad de las personas que transitan por el sitio al ser centros de acciones delictivas (Espinace et al 1998, Garrido 2008).

## **2.7 SITUACIÓN DE LOS BOTADEROS**

### **2.7.1 En el mundo**

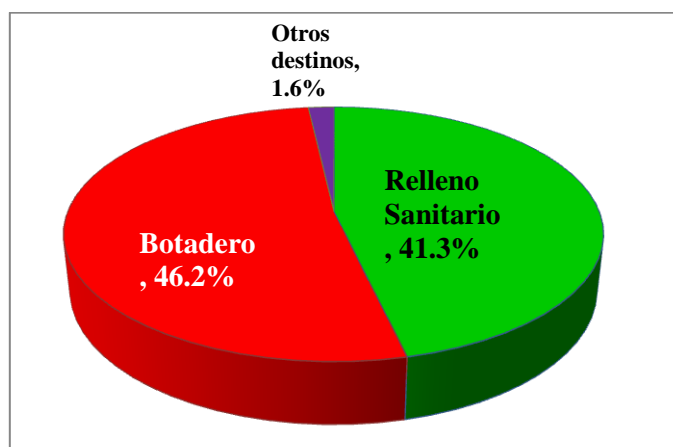
A nivel mundial los botaderos albergan el 40% de los residuos y sirven a más de la mitad de la población mundial, un total de 3.5-4 billones de personas. Los 50 botaderos más

grandes del mundo afectan a 64 millones de personas y albergan a 50 mil recicladores del sector informal (ISWA 2015).

Dwaste (2014) señala que en el ámbito Latinoamericano el Perú registra la mayor cantidad de botaderos incluidos dentro de la lista de los 50 más grandes botaderos del mundo, entre los que se encuentran los botaderos de Cancharani (Puno), El Milagro (Trujillo), Haquira (Cusco), Quebrada Honda (Arequipa), Reque (Lambayeque).

### 2.7.2 En el Perú

Tan solo existen 11 rellenos sanitarios autorizados y en operación a nivel nacional para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos (MINAM 2014) donde el 3% de las municipalidades provinciales disponen sus residuos (OEFA 2015). De acuerdo al MINAM (2014), en el 2013 se generó 18 533 toneladas al día de residuos sólidos municipales, de los cuales el 46.2% (8 650 toneladas) tuvieron como destino final a un botadero, cifra mayor al 41.3% (7 656 toneladas) que se destinó en rellenos sanitarios (Ver Figura 1).



**Figura 1: Destino final de residuos sólidos municipales 2013**

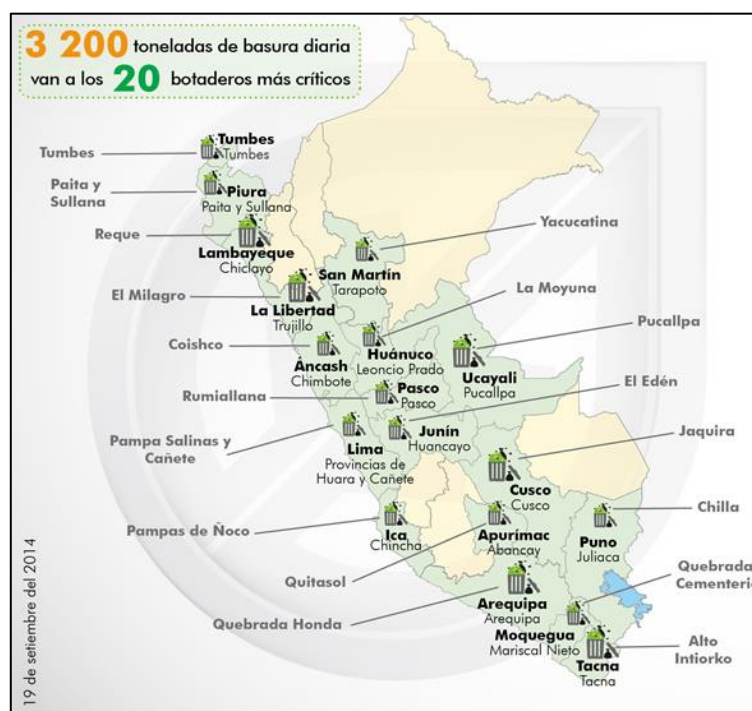
FUENTE: Elaboración propia en base a MINAM 2014

Según un reporte del OEFA (2014) 3200 toneladas por día de residuos sólidos son destinadas en los 20 botaderos más críticos del país (Ver Figura 2). Los 5 botaderos más críticos son El Milagro (Libertad), Quebrada Honda (Arequipa), Reque (Lambayeque), Haquira (Cusco) y Alto Intiorko (Tacna). Estos concentran el 76% (2 432 toneladas diarias) del total de residuos dispuesto en los 20 botaderos más críticos. Otro dato interesante es que la cantidad de residuos municipales destinados en estos 5 botaderos representan casi el 30% del total de residuos que se dispuso en botadero dispuestos en un botadero.

En la región Apurímac el botadero de Quitasol (Abancay) está considerado dentro de la lista anterior, y se esperaría que el botadero de “San José” sea el próximo en entrar en la lista.

Dicho esto, es de suponer que, de acuerdo a la Ley 27314, las municipalidades provinciales toman acciones solución para erradicar estos lugares, sin embargo, en una reciente evaluación del OEFA (2015) las autoridades municipales omiten tal función dado que tan solo el 5% (9 municipalidades) de las municipalidades provinciales tiene un plan de cierre y recuperación de sus botaderos, es decir el 95% restante no tiene planeado realizar dicha acción.

Ante eso hay que señalar que el Ministerio viene impulsando proyectos de disposición final de residuos sólidos en 31 ciudades priorizadas, no obstante la demora en la ejecución de los proyectos hace suponer que los botaderos aún tienen larga vida.



**Figura 2: Los 20 botaderos más críticos del Perú**

FUENTE: OEFA 2014

## **2.8 METODOLOGÍAS DE DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE BOTADEROS**

### **2.8.1 Metodología del Consejo Nacional del Medio Ambiente - CONAM**

La Guía Técnica para el Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos del CONAM (2004) plantea dos metodologías (en adelante denominadas metodologías CONAM) para evaluar y categorizar a un botadero. Ambas se basan en criterios como las características generales y geofísicas del sitio, impactos ambientales que ocasionan y los aspectos de socioeconómicos y de salud.

El primer método evalúa las características y los impactos que se ocasionan al medio ambiente y a la salud de la población. Para cada uno de los criterios se asigna un valor y la sumatoria total es de 100 (Ver Tabla 5). Se asigna una ponderación de aspectos del 60% al impacto en el ser humano y 40% en los impactos sobre el medio. El segundo método difiere del primero debido a que solo evalúa los impactos más importantes sobre el medio y al ser humano. Sigue el mismo procedimiento que el primer método al asignar una puntuación para cada condición dada, sin embargo, ambos aspectos tienen la misma ponderación, 50% (Ver Tabla 6).

**Tabla 5: Metodología de categorización de botaderos según su prioridad de clausura**

1. Cantidad de residuos y área que ocupa								
Calidad	Botadero pequeño		Botadero mediano		Botadero grande		Botadero muy grande	
Puntaje	2		5		8		10	
Superficie que abarca	Hasta 0.99 ha.	1	1.0 - 4.9 ha.	1	5.0 a 9.9 ha.	2	10.0 - 30.0 ha. o más	3
Cantidad diaria de residuos que se arrojan	Hasta 20 Ton./día	1	20 - 50 Ton./día	2	50 - 100 Ton./día	3	más de 100 Ton./día	3
Cantidad aproximada de residuos acumulados	Hasta 15 000 Ton.	1	Hasta 55 000 Ton.	2	Hasta 600 000 Ton.	3	más de 600 000 Ton.	4
2. Presencia de residuos peligrosos								
Calidad	Ninguno		Poco		Moderado		Abundante	
Puntaje	0		5		10		15	
Arrojo de residuos hospitalarios	Nulo	0	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños establecimientos de salud	3	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños y medianos establecimientos de salud	5	Recolectados, transportados y arrojados en el botadero por unidades destinadas exclusivamente a este servicio	8
Arrojo de residuos industriales	Nulo	0	Cantidad mínima	3	Cantidad moderada	5	Cantidad considerable	8
3. Tiempo de actividad del botadero								
Calidad	Botadero reciente		Botadero medianamente reciente		Botadero antiguo		Botadero muy antiguo	
Puntaje	2		5		8		10	
Tiempo de actividad del botadero	Hasta 1.9 años		de 2 a 4.9 años		De 5.0 a 9.9 años		más de 10 años	
4. Cercanías a poblados, a viviendas								
Calidad	Favorable		Medianamente favorable		Poco favorable		Desfavorable	
Puntaje	1		7		14		20	
Cercanías a viviendas	Apartado más de 500 m de las viviendas más cercanas		Apartado hasta 500 m de las viviendas más cercanas		Colindantes a viviendas periféricas		Dentro de la población.	
5. Por las características geofísicas de la zona								
Calidad	Favorable		Medianamente favorable		Poco favorable		Desfavorable	
Puntaje	0		2		4		5	
Precipitación pluvial total anual	Muy seco menor 100 mm	0	Seco 100 - 500 mm	1	Moderado 500 - 1500 mm	2	Húmedo más de 1500 mm	2
Temperatura promedio anual	Frío 0 °C - 11 °C	0	Moderado 12 °C - 18 °C	1	Cálido 19 °C - 24 °C	2	Muy cálido 25 °C - 40 °C	1
Condiciones geológicas e hidrogeomorfológicas	Estable y no existe curso de agua subterránea en el sitio o está a una profundidad mayor de 10 m.						No estable y existe curso de agua subterránea en el sitio a una profundidad menor de 10 m de la superficie	2
6. Aspectos socio económicos y riesgos a la salud								
Calidad	Bajo riesgo		Moderado riesgo		Alto riesgo		Muy alto riesgo	
Puntaje	0		13		27		40	
Actividad de segregación	No existe	0	Mínima	3	Moderada	9	Intensa	10
Crianza de aves y ganado porcino	No existe	0	Mínima	4	Moderada	9	Intensa	10
Presencia de vectores	Mínima	0	Poca	3	Abundante	9	Muy abundante	10
Quema de basura	No existe	0	Quema esporádica	3			Quema indiscriminada	10
<b>Total: 100</b>								

FUENTE: CONAM 2004

**Tabla 6: Metodología de categorización de botaderos según los impactos**

<b>Impactos Ambientales</b>			
<b>Aspecto</b>		<b>Condición</b>	<b>Puntuación</b>
Suelo	Área ocupada por los residuos	> 1 ha	1
		< 1 ha	0
	Tipo de residuo	Industrial	1
		Municipal	0
	Incompatibilidad de uso de suelo	Sí	1
		No	0
Presencia de lixiviados	Sí	1	
	No	0	
Aire	Presencia de biogás	Sí	1
		No	0
	Quema de residuos	Sí	0.5
		No	0
	Presencia de olores desagradables	Sí	0.5
		No	0
Agua	Presencia de lixiviados	Sí	2
		No	0
Flora	Daños a la vegetación	Sí	2
		No	0
Fauna	Proliferación de fauna nociva	Sí	1
		No	0
	Alteración de la fauna terrestre o acuática	Sí	1
		No	0
Patrimonio cultural y natural	Cerca o en sitios de patrimonio histórico religioso y turístico	Sí	1
		No	0
	Cerca o en áreas de reserva o protección natural	Sí	1
		No	0
Subtotal 1			14
<b>Actividades Socio Económicas y de Salud</b>			
<b>Aspecto</b>		<b>Condición</b>	<b>Puntuación</b>
Presencia constante de grupos humanos		Sí	4
		No	0
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores		Sí	4
		No	0
Riesgo de contaminación de animales de consumo humano		Sí	4
		No	0
Afectación de otras actividades (Socioeconómicas, turísticas, etc.)		Sí	4
		No	0
Subtotal 2			16
<b>Total</b>			<b>30</b>

FUENTE: Elaboración propia a partir de CONAM 2004

Para ambas metodologías la puntuación final obtenida se categoriza de la siguiente manera: 5-30%, bajo riesgo; 31-70% moderado riesgo y 71-100% alto riesgo (Ver Tabla 7). Para botaderos categorizados como de alto riesgo se recomienda la clausura del botadero y para categorizaciones menores significa la conversión de botaderos.

**Tabla 7: Categorización final de botaderos**

<b>Puntuación total (%)</b>	<b>Categorización de botadero</b>	<b>Acción a realizar</b>
71 – 100	Alto Riesgo	Clausura de botadero
31 – 70	Moderado Riesgo	Conversión del botadero
05 – 31	Bajo Riesgo	

FUENTE: Elaboración propia en base a CONAM 2004

Kiwitt-Lopez (2009) caracterizó y evaluó a 19 botaderos de Lima Metropolitana haciendo uso de la metodología CONAM por la prioridad de clausura, de los cuales 7 botaderos fueron categorizados de “bajo riesgo” y 12 botaderos de “moderado riesgo”.

### **2.8.2 Metodología de diagnóstico ambiental de Vertederos de Residuos Urbanos**

Para poder tomar acciones correctivas en los lugares impactados por los botaderos es necesario tener un conocimiento minucioso del sitio y de su área de influencia (MINAMBIENTE 2002). Es por ello que con el objetivo de identificar cualitativa y cuantitativamente los impactos sobre los elementos del ambiente causada por los botaderos y así facilitar la toma de decisiones para el control, cierre, sellado y reinscripción Calvo (2002) desarrolló una metodología de caracterización y diagnóstico ambiental de botaderos. Esta metodología se basa en la valoración, a través de índices ambientales, de la afección que cada uno de los sitios de vertido ocasionan sobre su entorno inmediato. La valoración cuantitativa se da a través de índices ambientales de tres (3) aspectos: el estado de explotación, el valor ambiental de los elementos del medio que componen el entorno inmediato del botadero (aguas superficiales, aguas subterráneas, atmosfera, suelo y salud) y el conocimiento de la interacción entre el estado ambiental y los elementos del medio. Para ello crea el Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) o Índice de Impacto para evaluar de forma conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio y de esa forma representar el estado ambiental existente entre el punto de vertido y su entorno ambiental.



### **2.8.3 Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental de Vertederos de Residuos Urbanos – EVIAVE Modificada, Universidad de Granada**

Garrido (2008) realizó modificaciones a la metodología de Calvo, proponiendo así la metodología denominada Evaluación de Impacto Ambiental de Vertederos (EVIAVE), cuyo objetivo es caracterizar y diagnosticar vertederos mediante una serie de índices basándose en observaciones y datos relativos al diseño del vertedero y su ubicación. El método permite de una manera sencilla, rápida y económica, conocer la problemática ambiental de los puntos de vertido así como la toma de decisiones sobre su gestión, acondicionamiento o cierre, sellado y reinserción al medio. Asimismo Garrido señala que la metodología es adaptable a contextos particulares de manera sencilla muy sencilla. Paolini (2007) comprobó que la metodología puede aplicarse al contexto venezolano, considerándola como una herramienta eficaz para la planificación, mejora de la operación y la toma de decisiones para el cierre, reinserción y recuperación de botaderos.

La metodología se fundamenta en las siguientes hipótesis:

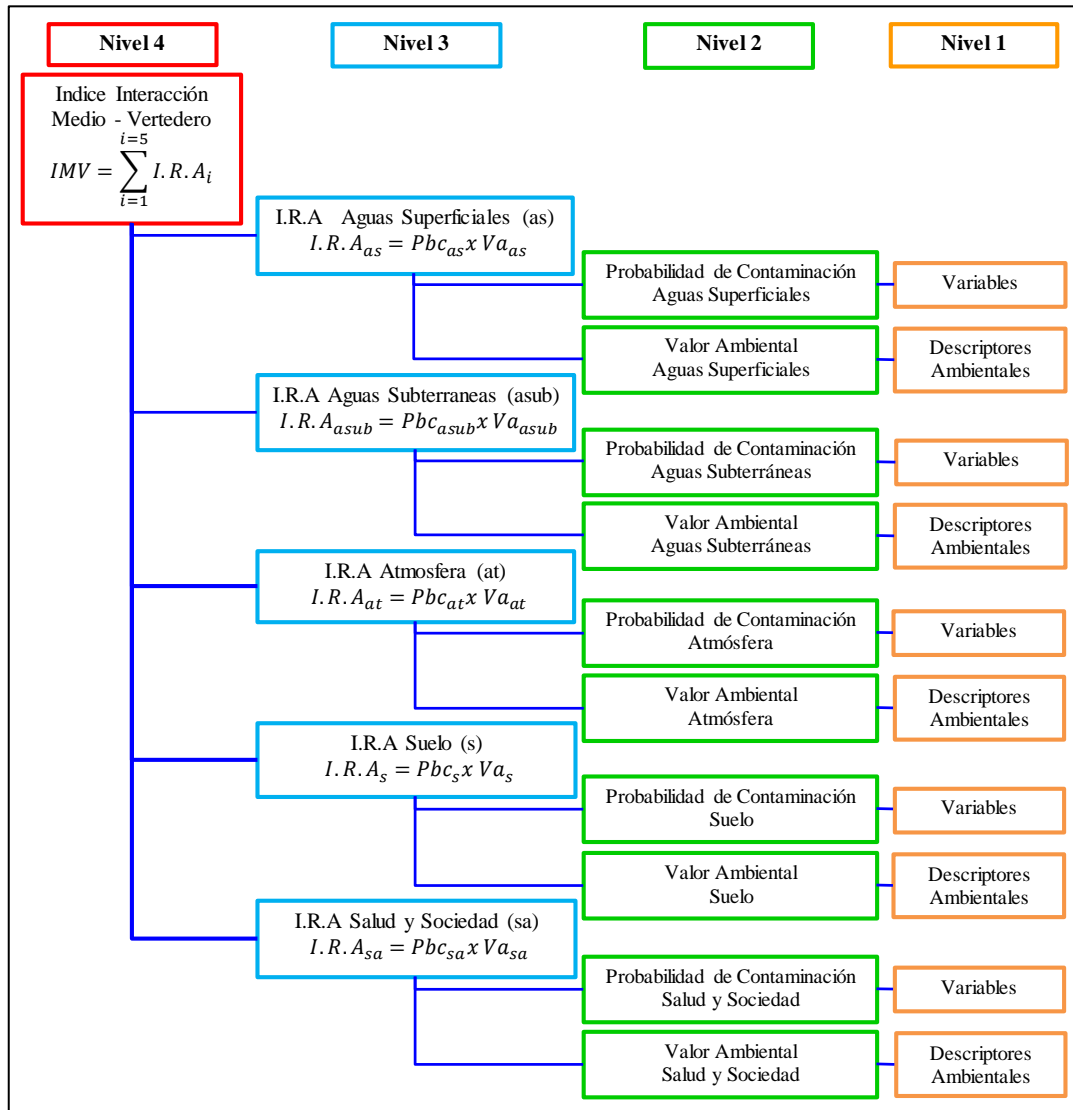
- La metodología es aplicable en el ámbito de la Unión Europea u otros países con normativa específica en residuos sólidos o menos restrictivos que la directiva 31/99 referente a la eliminación de residuos en vertederos.
- La metodología es aplicable a vertederos incontrolados o controlados de residuos no peligrosos, siempre que no se realice su cierre, sellado y reinserción al medio.
- El diagnóstico es válido en el momento de la evaluación, disminuyendo su fiabilidad en el tiempo, excepto que se produzcan un seguimiento o retroalimentación.
- Los datos para la aplicación de la metodología se obtendrán a partir de los estudios territoriales de la zona de ubicación del vertedero, proyectos de las instalaciones; datos y estudios históricos y de caracterización de los residuos en los núcleos de población; y aquellos obtenidos por las visitas a las instalaciones.

#### **Estructura metodológica**

A diferencia de Calvo, Garrido simplifica la estructura de la metodología, a cuatro niveles, eliminando ciertas definiciones e introduciendo nuevas, como el Índice de Riesgo de Contaminación, tal como se aprecia en el Figura 3.

El primer nivel representa los criterios y subcriterios utilizados para definir las características del punto de vertido y del medio susceptible de verse afectado por su

presencia. Las características del punto de vertido recogen atributos relativos a la ubicación de los vertederos y el grado de explotación, para lo cual se establecen las variables del vertedero, que se cuantificarán mediante el Índice de Riesgo de Contaminación (IRC); éste permite la comparación entre las diferentes variables, facilitando así la toma de decisiones de actuación sobre los puntos de vertido. Mientras que para el medio susceptible de recibir los impactos se definen los descriptores ambientales; ambos atributos se usan para el posterior cálculo de los diferentes índices que genera la metodología.



**Figura 3: Estructura jerárquica de la Metodología EVIAVE**

FUENTE: Paolini 2007

El segundo nivel representa a los índices Probabilidad de Contaminación (Pbc<sub>i</sub>), y el Valor Ambiental (Vai), ambos para cada elemento del medio. En el tercer nivel se define el

Índice de Riesgo Ambiental, para cada elemento del medio (IRA<sub>i</sub>) y finalmente el cuarto nivel el Índice Medio Vertedero (IMV) del punto de vertido.

### **Variables de vertedero**

Las variables de vertedero se definen como aquellas características del punto de vertido, seleccionadas por su sensibilidad en los procesos bioquímicos y físicos del mismo, que influyen directa o indirectamente sobre la afección ambiental a los distintos parámetros o elementos del medio considerados. Su estudio permite cuantificar la posibilidad de generación de impactos ambientales del punto de vertido. El conocimiento de la variable y su análisis cuantitativo relaciona las características del punto de vertido y su interacción con el medio en el momento de la evaluación, describiendo así la dinámica del vertedero. Dicho conocimiento posibilita una aproximación a la prevención de los impactos, a través de la intervención en los procesos del vertedero, en lugar de mitigarlos una vez producidos.

La metodología considera un total de 26 variables de vertedero (Ver Tabla 8), que se dividen en: (a) variables relacionadas con la ubicación del punto de vertido y (b) variables relacionadas con el diseño y la explotación del vertedero (Ver Tabla 9). Esta clasificación se realiza con el objetivo de la posterior evaluación del grado de idoneidad de la ubicación del punto de vertido; y su diseño y el nivel de operatividad.

**Tabla 8: Variables y su afección en los elementos del medio**

N°	Variable	Elementos del medio				
		Aguas Superficiales	Aguas subterráneas	Atmósfera	Suelo	Salud y Sociedad
1	Asentamiento de la masa de residuos	√	√	√	√	√
2	Cobertura diaria	√	√	√	√	√
3	Cobertura final	√	√	√	√	√
4	Compactación	√	√	√	√	√
5	Control de gases		√	√	√	√
6	Control de lixiviados	√	√		√	√
7	Distancia a infraestructuras					√
8	Distancia a masas de agua	√				
9	Distancia a núcleos poblados					√
10	Edad del vertedero	√	√	√	√	√
11	Erosión				√	
12	Estado de caminos internos	√		√	√	√
13	Fallas		√			
14	Impermeabilización de punto de vertido	√	√		√	
15	Morfología a cauces superficiales	√				
16	Pluviometría	√	√	√	√	√
17	Punto situado en zona inundable	√	√		√	
18	Riesgo sísmico	√	√	√	√	√
19	Seguridad					√
20	Sistema de drenaje superficial	√	√			
21	Taludes	√	√	√	√	√
22	Tamaño del vertedero	√	√	√	√	√
23	Tipo de Residuos	√	√	√	√	√
24	Viento	√		√	√	√
25	Visibilidad					√
26	Vulnerabilidad a las aguas subterráneas		√			
<b>Numero Total</b>		<b>18</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>18</b>

FUENTE: Garrido 2008

**Tabla 9: Clasificación de las variables según su relación**

<b>Diseño y explotación</b>	<b>Ubicación</b>
Asentamiento de la masa de residuos	Distancia a infraestructuras
Cobertura diaria	Distancia a masas de agua
Cobertura final	Distancia a núcleos poblados
Compactación	Erosión
Control de gases	Fallas
Control de lixiviados	Morfología a cauces superficiales
Edad del vertedero	Pluviometría
Estado de caminos internos	Punto situado en zona inundable
Impermeabilización de punto de vertido	Riesgo sísmico
Seguridad	Viento
Sistema de drenaje superficial	Visibilidad
Taludes	Vulnerabilidad a las aguas subterráneas
Tamaño del vertedero	
Tipo de residuos	

FUENTE: Garrido 2008

### **Cuantificación de variables de vertedero**

Para cuantificar las variables del vertedero se toman en cuenta dos aspectos, su clasificación ( $C_j$ ) y ponderación ( $P_j$ ). La clasificación está en función de la condición en que se encuentre en el momento de la evaluación y es la que brinda información sobre el estado del punto de vertido, dando a conocer la dinámica del vertedero. Para poder realizar la comparación de las variables entre sí, la metodología los clasifica en 5 categorías, asignándoles valores del 1 al 5.

La ponderación de la variable, para cada elemento del medio, se define a partir de los elementos estructurales del punto de vertido, que son aquellos que intervienen directamente en la afección de los componentes del medio. Los elementos estructurales están comprendidos por la existencia de materia orgánica, humedad de los residuos y densidad de los residuos, quienes participan directamente en la generación de gases y lixiviados afectando directamente a la atmosfera, suelo, salud, aguas superficiales y subterráneas.

Con los valores definidos de Clasificación y Ponderación se determina el Índice de Riesgo de Contaminación ( $IRC_j$ ) de cada variable, que permite la comparación cuantitativa entre las variables y toma valores del 1 al 10. Se calcula a través de la ecuación de la Tabla 10.

**Tabla 10: Índice de Riesgo de Contaminación de cada variable**

Ponderación	Clasificación	Valor de la clasificación	I.R.Cj = Cj x Pj
1	Muy alta	5	5
	Alta	4	4
	Media	3	3
	Baja	2	2
	Muy Baja	1	1
2	Muy alta	5	10
	Alta	4	8
	Media	3	6
	Baja	2	4
	Muy Baja	1	2

FUENTE: Garrido 2008

### Descriptorios ambientales

Los receptores de los impactos que considera la metodología, denominados componentes ambientales o elementos del medio, serán los siguientes: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmosfera, suelo; y salud y sociedad. La metodología introduce el término descriptorios ambientales para cada elemento del medio (Ver Tabla 11), con la finalidad de definir los aspectos ambientales que pueden verse afectados por los vertederos. Al igual que las variables del vertedero cada descriptor toma valores del 1 al 5 (Ver Tabla 12).

**Tabla 11: Descriptorios ambientales de la metodología EVIAVE**

Elementos del medio	Descriptorios Ambientales
Aguas superficiales	Tipo de masa de agua (A1)
	Usos del agua (A2)
	Calidad del agua (A3)
Aguas subterráneas	Usos del agua (B1)
	Calidad del agua (B2)
Atmósfera	Calidad del aire (C1)
Suelo	Usos del suelo (D1)
	Tipo de vegetación (D2)
	Cobertura vegetal (D3)

FUENTE: Garrido 2008

**Tabla 12: Clasificación y valoración de los descriptores ambientales**

Características		Cuantificación	
		Descripción	Valor
Aguas Superficiales	A1 Tipo de masas de agua	Curso de aguas artificiales: canales, acequias y estanques	1
		Ríos de 3er orden o más y cursos estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2
		Masas de aguas estacionarias: lagunas y embalses	3
		Aguas marinas y ríos de 1er y 2do orden	4
		Masas de agua permanente: marismas y zonas intermareales, albuferas, salinas, estuarios y ramales de marea. Zonas clasificadas como sensibles	5
	A2 Usos de agua	Sin uso para el hombre	1
		Uso hidroeléctrico, navegación y otros	2
		Industria	3
		Agricultura	4
		Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5
	A3 Calidad de agua	Aguas de calidad deficiente o mala	1
		Aguas en estado aceptable	2
		Aguas en buen estado	3
		Aguas en muy buen estado sin especies (flora y/o fauna) protegidas	4
		Aguas en muy buen estado con especies (flora y/o fauna) protegidas	5
Aguas Subterráneas	B1 Usos de agua	Sin uso para el hombre	1
		Otros usos no contemplados posteriormente	2
		Industria	3
		Agricultura	4
		Uso para abastecimiento humano	5
	B2 Calidad de agua	Aguas muy deficientes	1
		Aguas deficientes o malas	2
		Aguas en estado aceptable	3
		Aguas en buen estado	4
		Aguas en muy buen estado	5
Atmósfera	C1 Calidad de aire	Muy mala	1
		Mala	2
		Admisible	3
		Buena	4
		Muy buena	5
Suelo	D1 Usos de suelo	No urbanizable	1
		Urbanizable industrial	2
		Urbanizable residencial	3
		Urbano industrial y urbanizable turístico	4
		Urbano turístico y urbano residencial	5
	D2 Tipo de Vegetación	Espacios abiertos con escasa cobertura vegetal o erial	1
		Formación arbustiva y herbácea sin arbolado o cultivo seco	2
		Formación herbácea sin arbolado, cultivos de regadío o secado con arboles aislados	3
		Formación de matorral con arbolado, montes de repoblación joven	4
		Formaciones de arbolado denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado	5
	D3 Cobertura Vegetal	1 - 5% individuos	1
		6-25% individuos	2
		26-50% individuos	3
		51-75% individuos	4
		76 -100% individuos	5

FUENTE: Paolini ,2007

## Valor ambiental

El valor ambiental se define como el índice que permite identificar y cuantificar la consideración ambiental de cada uno de los elementos del medio, desde la relación existente entre las características ambientales y sociopolíticas de estos elementos y las emisiones del vertedero. Por lo tanto para determinar el valor ambiental que adquieren los elementos del medio se considera únicamente las características que puedan verse afectadas por la presencia del vertedero en el entorno inmediato.

Su cálculo está basado en la cuantificación total de los descriptores ambientales definidos para cada elemento del medio, que se muestran en Tabla 12, considerando la media aritmética de los mismos (Ver Tabla 13). Dado que los valores de los descriptores ambientales toman valores del 1 al 5, el valor ambiental también oscilará entre esos valores (Ver Tabla 14).

La valoración ambiental permite algunas restricciones como: (a) tomará el valor de 1 si el vertedero se encuentra a más de 1km de distancia de las masas de agua superficial y subterránea, por lo que podría no existir interacción entre ambas. (b) todos los valores ambientales tomarán el valor máximo de 5 si el vertedero se encuentra dentro de un área natural protegida. Finalmente el valor ambiental referente a la salud tomará el máximo valor (5) y se mantiene constante para cualquier vertedero. Esto se debe a que la enfermedad o insalubridad tiene una interconexión doble existente, dada por el estado de los elementos del medio y el grado de exposición de los trabajadores del vertedero en el propio punto de vertido.

**Tabla 13: Cálculo de los valores ambientales para cada elemento del medio**

$Va_i$	Aguas superficiales	[1-5]	$Va_{aguas\ sup} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$
	Aguas subterráneas		$Va_{aguas\ sub} = \frac{B_1 + B_2}{2}$
	Atmósfera		$Va_{atmósfera} = C_1$
	Suelo		$Va_{suelo} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$

FUENTE: Garrido 2008



**Tabla 14: Clasificación de los valores ambientales para cada elemento del medio**

Valor Ambiental (Vai)	Clasificación
$1 \leq Vai < 1.8$	Muy bajo
$1.8 \leq Vai < 2.6$	Bajo
$2.6 \leq Vai < 3.4$	Medio
$3.4 \leq Vai < 4.2$	Alto
$4.2 \leq Vai \leq 5$	Muy alto

FUENTE: Garrido 2008

### Probabilidad de Contaminación

La probabilidad de contaminación depende del estado de explotación del botadero en el momento de la evaluación, del diseño del punto de vertido y de las características del desplazamiento de las emisiones al entrar en contacto con el entorno. La metodología introduce dos nuevos índices, con la finalidad de conocer en qué grado la explotación y diseño; y la ubicación participan en el estado ambiental del punto de vertido. Por lo tanto se definen los índices de Probabilidad de Contaminación debido a la ubicación (Pbcj-u) y Probabilidad de Contaminación (Pbcj-o) debido al diseño y explotación para cada elemento del medio.

En caso de que el vertedero presente problemas de diseño y explotación, la metodología permitirá tomar acciones para reducir los impactos llevando a cabo planes de acondicionamiento. Sin embargo cuando presenta problemas respecto a la ubicación, la metodología permite la toma de decisiones de cierre, sellado y reinscripción, siempre el medio tenga características que faciliten la generación de impactos.

La probabilidad de contaminación cuantifica el efecto global de las variables que definen el estado ambiental de cada elemento del medio sobre el mismo. El índice tomará valores entre 0 y 1, clasificándose según la Tabla 15; y se calcula con la siguiente formula:

$$Pbc_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_j - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \min}}{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \max} - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j \min}}$$

Dónde:

$n$  : Número de variables que afectan a cada elemento del medio

$j$  : Variable analizada

$IRC_j$  : Índice de Riesgo de Contaminación para cada variable

$IRC_{j\ min}$  e  $IRC_{j\ max}$ : Valor mínimo y máximo obtenido para el Índice de Riesgo de Contaminación de cada variable en cada elemento del medio, que se recogen en la Tabla 16.

**Tabla 15: Clasificación de las Probabilidades de Contaminación**

Valores de las Probabilidades de Contaminación (Pbcj, Pbc-uj, Pbc-oj)	Clasificación
$0 \leq Pbc_i, Pbc-ui \text{ o } Pbc-o < 0.2$	Muy baja
$0.2 \leq Pbc_i, Pbc-ui \text{ o } Pbc-o < 0.4$	Baja
$0.4 \leq Pbc_i, Pbc-ui \text{ o } Pbc-o < 0.6$	Media
$0.6 \leq Pbc_i, Pbc-ui \text{ o } Pbc-o < 0.8$	Alta
$0.8 \leq Pbc_i, Pbc-ui \text{ o } Pbc-o \leq 1$	Muy Alta

FUENTE: Paolini ,2007

**Tabla 16: Valores máximos y mínimos del Índice de Riesgo de Contaminación**

Elemento del medio	Probabilidad de Contaminación (Pbc j)		Probabilidad de Contaminación debido a la Ubicación (Pbc j-u)		Probabilidad de Contaminación debido al diseño y Explotación (Pbc j-o)	
	$\sum IRC\ \text{mín}$	$\sum IRC\ \text{máx}$	$\sum IRC\ \text{mín}$	$\sum IRC\ \text{máx}$	$\sum IRC\ \text{mín}$	$\sum IRC\ \text{máx}$
Aguas superficiales	30	150	10	50	20	100
Aguas subterráneas	29	145	9	45	20	100
Atmósfera	22	110	5	25	17	85
Suelo	28	140	8	40	20	100
Salud	29	145	10	50	19	95

FUENTE: Garrido 2008

Si la probabilidad de contaminación tiene un valor de 0, no implica que la variable o elemento del medio no intervenga en el ecosistema, sino que no existe interacción entre los procesos que intervienen en el punto de vertido y el parámetro considerado.

### Índice de riesgo ambiental

El Índice de Riesgo Ambiental (IRAi) cuantifica el potencial de afección ambiental que se produce para cada uno de los elementos del medio que componen el entorno inmediato del vertedero por separado, debido a las interacciones existentes entre ellos, lo que facilitará la

toma de decisiones para el acondicionamiento o cierre, sellado y reinsertión de los vertederos. El cálculo de su valor se realiza con la siguiente fórmula y los resultados se clasifican de acuerdo a la Tabla 17.

$$IRA_i = Pbc_i \times Va_i$$

Dónde:

$Pbc_i$  : Probabilidad de Contaminación para cada elemento del medio considerado

$Va_i$  : Valor ambiental para cada elemento del medio.

**Tabla 17: Clasificación del Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio**

Valor del Índice de Riesgo Ambiental (IRA <sub>i</sub> )	Clasificación
$0 \leq IRA_i < 1$	Muy bajo
$1 \leq IRA_i < 2$	Bajo
$2 \leq IRA_i < 3$	Medio
$3 \leq IRA_i < 4$	Alto
$4 \leq IRA_i \leq 5$	Muy Alto

FUENTE: Garrido 2008

### El Índice de Interacción Medio Vertedero

El índice de Interacción Medio Vertedero (IMV) pretende cuantificar de manera conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio, con el objetivo de ser representativo del estado ambiental global existente entre la interacción del punto de vertido y el entorno ambiental. Este índice permitirá además el establecimiento de un orden de prioridades de actuación en el caso de aplicar la metodología a varios puntos de vertido. La cuantificación se realiza de acuerdo a la siguiente formula.

$$I.M.V = \sum_{i=1}^{i=5} I.R.A_i$$

Dónde:

$i$  : Elemento del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad.

$I.R.A_i$  : Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio.

Finalmente el resultado del IMV toma valores de 0 y 25; y se clasifica de acuerdo a la Tabla 18. Por ejemplo si el punto de vertido tiene un IMV que se ubica en el rango de 15 a menos de 20 será clasificado como botadero o relleno sanitario de alto impacto.

**Tabla 18: Clasificación del Índice de Interacción Medio Vertedero**

<b>Valor del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV)</b>	<b>Clasificación</b>
$0 \leq \text{IMV} < 5$	Muy bajo
$5 \leq \text{IMV} < 10$	Bajo
$10 \leq \text{IMV} < 15$	Medio
$15 \leq \text{IMV} < 20$	Alto
$20 \leq \text{IMV} \leq 25$	Muy alto

FUENTE: Paolini 2007

#### **2.8.4 Otras aplicaciones de metodologías de diagnóstico y clausura de botaderos**

Para realizar el diagnóstico y la clausura del Botadero “La Concepción” en Colombia Logreira et al (2011) utilizaron una metodología que les permita analizar población involucrada y hacerlas participes del proceso. La secuencia metodológica comprendió el diagnóstico, programación y estudio de posiciones y planteamiento de los actores respecto de la problemática y la solución. El diagnóstico comprendió el conocimiento del área y la problemática, para ello se realizó la recolección de información, calicatas para conocer el tipo de residuo, la capa de residuos y la composición de los mismos, la distribución de los residuos en el botadero y finalmente la calidad de vida de la población afectada. La secuencia de la investigación consistió en el análisis de información recolectada, análisis de laboratorio, entrevista a la población, planteamiento de modelos matemáticos y la simulación de escenarios. Otro caso colombiano es el referente al diagnóstico para el cierre del Botadero Killi, se realizó a través de levantamientos topográficos y la observación en campo de la operación del botadero y los impactos que se pueden tener (Salazar, 2009).

El Ministerio de Medio Ambiente de Colombia publicó la Guía Ambiental de Cierre de Botaderos a Cielo Abierto (2002) para facilitar la toma de acciones sobre un botadero. En él se señala que es necesario el conocimiento profundo del lugar y su área de influencia; entre ellos aspectos como el tipo y la cantidad de residuos dispuestos, la localización y la calidad de los cuerpos de agua superficial y subterránea con riesgo de contaminación, las condiciones meteorológicas, topográficas, etc.

Llamas et al (2011) realizaron el diagnóstico de áreas degradadas por residuos sólidos urbanos y poder recuperarlo para fines agrícolas. Para establecer el área afectada, el relieve general y la pendiente del área se modeló el terreno a través de un levantamiento planialtimétrico. Se realizaron calicatas, en la intersección de una malla georreferenciada, para determinar la capa de cobertura y la cantidad de residuos. La medición de biogás se realizó introduciendo un tubo de PVC en una de las calicatas, que por un extremo se facilitaba la captación de biogás y por el otro se conectó herméticamente a través de un tubo flexible a una bolsa Tedlar.

Una de las pocas experiencias en el Perú documentadas, es la recuperación paisajística de un área afectada por un botadero realizada por Montoro (2012), donde utilizó la técnica de fitorremediación, seleccionando especies de bosque seco para estabilizar el terreno, degradar los residuos y absorber los lixiviados. Para el diagnóstico del área de influencia del botadero los árboles fueron referenciados con GPS; y haciendo uso de Cartas Nacionales y fotos satelitales de Google. Los cambios estacionales de paisaje fueron fotografiados mensualmente y se realizó un inventario fotográfico de la vegetación de alrededor del botadero. Haciendo uso de un levantamiento topográfico se realizó el trazado y medición de la vegetación existente.

### **2.8.5 Métodos de cierre de botaderos**

Para el cierre de botadero existen tres métodos disponibles (ISWA 2006):

#### **Método en el lugar: Cierre a través de la cobertura de residuos**

En este método los residuos se dejan en el lugar y cubren con una capa de suelo local y es revegetado. El método radica en función que tiene la cobertura final como principal medida de protección ambiental.

#### **Método de evacuación o excavación: Cierre a través de la remoción de residuos del sitio**

El método consiste en la excavación y transporte de los residuos fuera la instalación generalmente a rellenos sanitarios o plantas de incineración.

**Método de mejoramiento: Cierre a través de la conversión a un botadero controlado o un relleno sanitario**

El método consiste en el mejoramiento del botadero a través la implementación de medidas adecuadas de diseño, operación y manejo en todos los niveles de la instalación, y así operar al nivel de un relleno sanitario.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL BOTADERO “SAN JOSÉ”

##### 4.1.1 Recopilación bibliográfica

Los principales documentos que se tuvieron como base para realizar la recopilación de información y que han servido de orientación para el desarrollo de la presente investigación fueron los siguientes: Guía Técnica de Clausura y Conversión de Botaderos de Residuos Sólidos del CONAM (2004), Guía Ambiental para el Saneamiento y Cierre de Botaderos de Cielo Abierto (2002) del gobierno colombiano y la Tesis Doctoral titulada “Validación de la Metodología EVIAVE en Vertedero en Venezuela” de Paolini (2007).

La recolección de información referente al botadero se realizó a través de la revisión de documentos de las instituciones que tienen competencia en la administración y fiscalización de la disposición final de residuos sólidos municipales (Ver Tabla 19). Además se tomó información del proyecto de construcción del relleno sanitario de Andahuaylas y proyectos desarrollados cercanos al área de estudio.

**Tabla 19: Documentos de referencia de recolección de información para el diagnóstico**

<b>Documento</b>	<b>Institución</b>
Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos 2015	Municipalidad Provincial de Andahuaylas
Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2015	
Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos 2015	
Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2015	Municipalidad Distrital de San Jerónimo
Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos 2015	Municipalidad Distrital de Talavera
Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (Preliminar)	Municipalidad Distrital de Pacucha
Proyecto de Infraestructura de Disposición Final y Reaprovechamiento 2015	Consortio Fichtner - Cydep S.A.S.

FUENTE: Elaboración propia

#### **4.1.2 Descripción del área de estudio**

##### **Geología**

Las unidades litológicas que afloran en la zona de estudio correlativamente en su proceso de formación son (MPA 2009):

- Granodiorita (Batolito Andahuaylas-Yauri), Depósitos Cuaternarios: Coluvial–eluvial
- Batolito de Andahuaylas (Intrusivo Granodiorítico).
- Litología del batolito
- Litología de los diques
- Depósitos cuaternarios
- Depósitos coluviales - eluviales

##### **Geomorfología**

Fichtner (2015) señala que el área adyacente al área de estudio se encuentra en una unidad de Cordillera Oriental, y que su morfología joven se debe al juego reciente de la zona de fallas E-W (falla de Abancay). El levantamiento plio-Cuaternario de los Andes se realizó por intermedio de falla de juego normal que cortó la superficie puna. En la región, ciertas porciones de dicha superficie se levantaron más que otras. Las partes levantadas (Cordillera Oriental) sufrieron una reactivación de la erosión y se encuentran rejuvenecidas. La historia geológica muestra que, desde fines del Paleozoico, la Cordillera Oriental fue una zona móvil positiva y sufrió varias etapas de erosión seguidas de levantamientos (Fichtner 2015).

Asimismo dicha área presenta una morfología de laderas de montaña de pendiente inclinada a empinada, disectados por la quebrada Lambrashuaycco y otras de menor jerarquía, quienes han modelado el intrusivo que aflora en todo este sector; dejando un modelado de laderas suaves como es el caso del área adyacente al botadero, en donde se viene desarrollando una actividad agrícola (Fitchner, 2015).

##### **Hidrología Superficial**

El drenaje local lo representa la quebrada de Lambrashuaycco, cuyas aguas discurren y desembocan por la margen izquierda al río Chumbao. El área de estudio se ubica en la parte media de esta quebrada. En la parte superior la quebrada no presenta indicios de escorrentía continua, solo se presenta en épocas de lluvias, sin embargo en la parte media



existe un flujo continuo por la quebrada, que se incrementaría en la épocas de lluvia (Fichtner 2015).

### **Hidrogeología**

El material que conforma el perfil del suelo del área del proyecto es de origen residual compuesto por limo arcilloso de muy poca permeabilidad ( $k=9.72 \times 10^{-6}$  y  $k=1.6 \times 10^{-5}$ ). Además no existe un acuífero en el área del proyecto, sin embargo existe un flujo sub superficial el cual discurre a favor de la pendiente, que pasa por debajo de los 2.5 a 6.0 m, en el área del proyecto de relleno sanitario, la potencia del flujo aumenta a medida que se aproxima a la quebrada (Fichtner 2015).

### **Geotecnia**

INGEMMET (2013) señala que en la región Apurímac los sismos se relacionarían con la actividad de las fallas regionales. En el mapa de zonificación sísmica del Perú el área del botadero se encuentra en un área para donde se esperan Intensidades Máximas entre VI y VII en la escala Mercalli. Asimismo señala que el último sismo registrado en Andahuaylas fue en agosto de 2012, tuvo una Intensidad 5.0 en la escala de Richter y una profundidad de 78 km.

### **Flora**

El área de estudio presenta vegetación propia de la región andina y entre las especies más comunes registradas se tienen: *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium sp.* y *Stipa ichu* entre otros, tal como se muestra en la Tabla 20.

### **Fauna**

En el área de influencia del botadero se pueden encontrar diversas especies de aves (Ver Tabla 21), entre las cuales las más abundantes son: *Patagioenas maculosa*, *Metriopelia ceciliae*, *Pheucticus aureoventris*, *Geositta cunicularia* y *Falco peregrinus*.

En el área de influencia del botadero se pueden encontrar limitada diversidad de especies de mastofauna (Ver Tabla 21) entre las cuales las más representativas son: *Calomys lepidus*. "ratón vespertino" seguido de *Akodon subfuscus* "ratón campestre", *Lycalopex culpaeus* "zorro andino" y *Conepatus chinga* "zorrino".

**Tabla 20: Flora encontrada en el área del botadero**

Especie	
<i>Baccharis latifolia</i> (“chilca”)	<i>Eucalyptus globulus</i> (“eucalipto”)
<i>Baccharis caespitosa</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i> (“kikuyo”)
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	<i>Calamagrostis vicunaru</i> (“pasto”)
<i>Gamochaeta americana</i>	<i>Calamagrostis sp.</i> (“pasto”)
<i>Opuntia ficus-indica</i> (“tuna”)	<i>Stipa ichu</i> (“ichu”)
<i>Agave americana</i> (“cabuya”)	<i>Cortaderia jubata</i> (“cola de zorro”)
<i>Cyperus sp.</i> (“jewa”)	<i>Jarava ichu</i> (“ichu”)
<i>Trifolium sp.</i> (“trébol”)	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (“pacha taya”)
<i>Gentiana sedifolia</i> (“penqa penqa”)	<i>Bromus lanatus</i>
<i>Juncus imbricatus</i>	<i>Colletia spinosissima</i> (“taccsana”)
<i>Salvia sp.</i> (“salvia”)	<i>Arcytophyllum thymifolium</i>

FUENTE: Fichtner 2015

**Tabla 21: Fauna encontrada en el área del botadero**

Aves	Mastofauna
<i>Geranoaetus polyosoma</i> (“Aguilucho Variable”)	<i>Canis familiaris</i> (Perro)
<i>Circus cinereus</i>	<i>Felis catus</i> (Gato)
<i>Aeronautes andecolus</i>	<i>Equus asinus</i> (Burro, asno)
<i>Oreotrochilus estella</i>	<i>Equus caballus</i> (Caballo)
<i>Metallura tyrianthina</i>	<i>Rattus rattus</i> (Rata)
<i>Zenaida auriculata</i>	<i>Mus musculus</i> (Pericote)
<i>Patagioenas maculosa</i>	<i>Bos taurus</i> (Toro y vaca)
<i>Metriopelia melanoptera</i>	<i>Ovis aries</i> (Oveja)
<i>Metriopelia ceciliae</i>	<i>Sus domesticus</i> (Cerdo, chancho, cuchi)
<i>Falco peregrinus</i>	<b>Hipertofauna</b>
<i>Falco sparverius</i> (“Cernícalo americano”)	<i>Tachymenis peruviana</i> (Culebra serrana)
<i>Zonotrichia capensis</i>	<i>Stenocercus apurimacus</i> (Lagartija)
<i>Pheucticus aureoventris</i>	<i>Liolaemus cf. Signifer</i> (Lagartija)
<i>Geositta cunicularia</i> (“Minero común”)	
<i>Leptasthenura striata</i>	
<i>Leptasthenura andicola</i>	
<i>Asthenes ottonis</i>	

FUENTE: Fichtner 2015

### Áreas de Cultivo

De acuerdo al Sistema de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor (D.S N° 0062/75-AG) el área entorno al botadero se clasifica como tierras de tipo, es decir Xe-P3sec-A3sec, Protección-Pastoreo-Cultivos en Limpio. Estas tierras se caracterizan por ser tierras de protección por suelo, erosión y clima, aptos para pastos de paramo, de calidad agroecológica baja, con limitaciones por suelo, erosión y clima, asociado a suelos aptos

para cultivo limpio, de calidad agroecológica baja con limitaciones de suelo, erosión y clima (ANA 2013).

El botadero colinda con áreas de cultivo donde se siembra generalmente cereales como quinua, maíz y trigo.

## **Climatología**

### **Precipitación**

La precipitación pluvial mensual, en el periodo de 1995 a 2014, del área de influencia del botadero es irregular con un promedio anual de 707 mm/año. En la Tabla 22 se aprecia que esta variabilidad encuentra su mínimo valor en el mes de junio, 7mm; y su máximo valor en enero, 144.7 mm (Fichtner, 2015).

**Tabla 22: Valor promedio de la precipitación total mensual**

<b>Parámetro</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Anual</b>
Promedio (mm)	144.7	133.7	109.4	39.9	17.4	7	13.7	17.7	29.6	45.8	52.2	96.1	707.1
Maxima (mm)	218.8	251.5	170.5	61.6	73.1	23.7	39.4	53.7	84.6	112.3	104.8	222.1	1045.7
Mínima (mm)	74	71.3	15.4	8.9	0.1	0	0	0.5	3.2	23.8	28.8	33.4	546.8

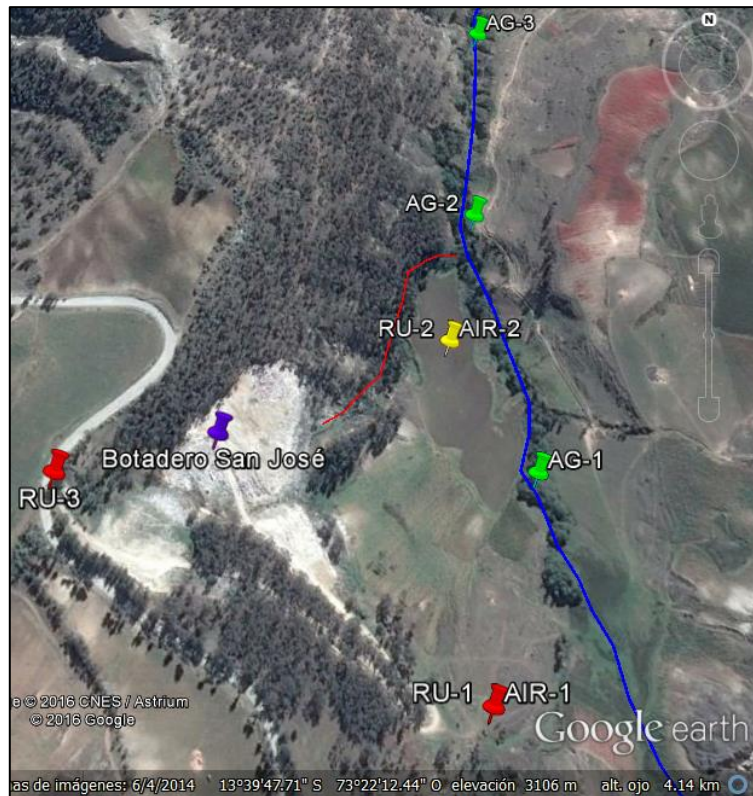
FUENTE: Fichtner 2014

### **Temperatura**

La temperatura en el área enmarcada del botadero es ligeramente variable, siendo el promedio anual de 20°C. La temperatura promedio más baja (17 °C) se da en el mes julio, mientras que la más alta (23.8 °C) se registra en el mes de noviembre.

### **Calidad del Agua**

En el 2014, Fichtner (2015) realizó el monitoreo de calidad de agua de la quebrada de Lambrashuaycco en 3 puntos de monitoreo, ubicados aguas arriba (AG-1) y aguas abajo (AG-2 y AG-3) del punto de encuentro con la quebrada proveniente del botadero (Ver Figura 4). En la Tabla 23 se muestra los resultados, donde se puede apreciar que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua en la categoría 3 de Riego de Vegetales (Tallo Bajo y Alto) y Bebida de Animales.



**Figura 4: Ubicación de estaciones de monitoreo de calidad de agua, aire y ruido**

FUENTE: Google Earth

En la Tabla 23 se detalla la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de calidad de agua, aire y ruido que se observan en la Figura 4. La referencia de los puntos es el Proyecto de Relleno Sanitario que se ubica el lado derecho, adyacente al botadero de San José.

**Tabla 23: Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de agua, aire y ruido**

Estaciones de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM: WGS-84 Zona 18 L		Altitud m.s.n.m.	Tipo de muestra
		Norte	Este		
AG-1	A 250 m al Noreste de la puerta de ingreso	8488682	677021	3149	Agua superficial
AG-2	A 5 m al Noroeste de la parte terminal del proyecto	8488922	676989	3118	
AG-2	A 255 m al Norte de la parte terminal del proyecto	8489130	677022	3076	
AIR-1	A 30 m al Este de la puerta de ingreso al área del proyecto	8488490	676956	3174	Aire
AIR-2	A 30 m al Norte antes de la parte terminal del proyecto	8488801	676989	3129	
RU-1	A 30 m al Este de la puerta de ingreso al área del proyecto	8488490	676956	3174	Ruido
RU-2	A 30 m al Norte antes de la parte terminal del proyecto	8488801	676956	3129	
RU-3	En la puerta de ingreso hacia el área del proyecto Via de acceso Andahaylas a Huancabamba	8488670	676608	3232	

FUENTE: Fichtner 2015

**Tabla 24: Resultados de monitoreo de calidad de agua**

Parámetro	Unidad	Estaciones de Monitoreo			D.S. N° 002-2008-MINAM Categoría 3	
		AG-1	AG-2	AG-3	Riego de Vegetales (Tallo Bajo y Tallo Alto)	Bebida de Animales
pH	Unidad pH	7.87	8.32	8.45	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
C.E.	uS/cm	451	432	443	<2000	≤5000
O.D.	mg/L	4.79	5.67	6.27	≥4	>5
Turbidez	NTU	1.6	2.7	4	-	
NO3-N	mg/L	0.35	0.36	0.36	10	50
NO2-N	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	0.06	1
N-NH3	mg/L	0.03	0.03	<0.02		
STS	mg/L	<5	<5	<5	-	
STD	mg/L	276	255	262	-	
SO4	mg/L	5	10	9	300	500
S	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.05	0.05
AcyG	mg/L	<0.50	<0.50	<0.50	1	
DBO	mg/L	3.14	2.52	3.7	15	≤15
DQO	mg/L	<10.00	<10.00	<10.00	40	
Coliformes Fecales	NMP/100mL	490	490	790	1000(t.B.) 2000(3)(t.A.)	1000
Coliformes Totales	NMP/100mL	1100	790	790	5000(t.B.) 5000(3)(t.A.)	5000

FUENTE: Fichtner 2015

En lo referente a los parámetros inorgánicos (Ver Tabla 25) en todos los puntos de monitoreo el parámetro Boro está por debajo de los límites del rango establecido en el ECA agua. Asimismo en el Punto de monitoreo AG-1, los parámetros Hierro y Manganeso están ligeramente por encima de los valores establecidos en el ECA agua en la Categoría 3, Riego de Vegetales (Tallo Bajo y Alto) y Bebida de Animales respectivamente.

**Tabla 25: Resultados de monitoreo de calidad de agua (metales)**

Parámetro	Unidad	Estaciones de Monitoreo			D.S. N° 002-2008-MINAM Categoría 3	
		AG-1	AG-2	AG-3	Riego de Vegetales (Tallo Bajo y Tallo Alto)	Bebida de Animales
Al (t)	mg/L	0.717	0.091	0.107	5	
As (t)		<0.0001	<0.0001	0.0018	0.05	0.1
Ba (t)		0.05246	0.06871	0.06805	0.7	-
Be (t)		<0.0003	<0.0003	<0.0003	-	0.1
B (t)		0.024	0.018	0.019	0.5 - 6	5
Cd (t)		<0.00005	<0.00005	<0.00005	0.005	0.01
Co (t)		0.00178	0.00032	0.00034	0.05	1
Cu (t)		0.0057	0.0028	0.0034	0.2	0.5
Fe (t)		1.61	0.24	0.23	1	
Li (t)		<0.004	<0.004	<0.004	2.5	
Mg (t)		24.18	22.35	22.08	150	
Mn (t)		0.28078	0.06227	0.07384	0.2	
Hg (t)		<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.001	
Ni (t)		0.0018	0.0012	0.0011	0,2	
Ag (t)		<0.00001	<0.00001	<0.00001	0.05	
Pb (t)		0.00313	0.00193	0.00147	0.05	
Se (t)		<0.001	<0.001	<0.001	0.05	
Zn (t)		0.022	0.034	0.014	2	24

FUENTE: Fichtner 2015

### Calidad del aire

El monitoreo de calidad de aire se llevó a cabo el día 10 y 11 de octubre en el Punto AIR-1; y los días 11 y 12 de octubre de 2014 en el punto AIR-2. Los resultados se aprecian en la Tabla 26.

**Tabla 26: Resultados de monitoreo de calidad de aire**

Parámetros	Unidad	Estaciones de Monitoreo		D.S.	D.S.	D.S.
		AIR-1	AIR-2	N° 074-2001-PCM	N° 069-2003-PCM	N° 003-2008-MINAM
Material Particulado Menor a 10 micras (PM10)	ug/m3	16.46	8.02	150 (24h)	-	-
Material Particulado Menor a 2.5 micras (PM2.5)	ug/m3	4.93	2.76	-	-	25 (24h)
Plomo (Pb)	ug/m3	0.005	0.007	1.5 (24h)	0.5 (24h)	-
Dioxido de Azufre (SO2)	ug/m3	<13	<13	-	-	20 (24h)
Dioxido de Nitrógeno (NO2)	ug/m3	40	38	200 (1h)	-	-
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	ug/m3	<2.2	<2.2	-	-	150 (24h)
Monóxido de Carbono (CO)	ug/m3	1341	1290	10000 (8h)	-	-

FUENTE: Fichtner 2015

## Ruido ambiental

El monitoreo de ruido ambiental se realizó los días 10 y 11 de octubre de 2014, en 3 puntos dentro del área de influencia del botadero. Los resultados se muestran en la Tabla 27.

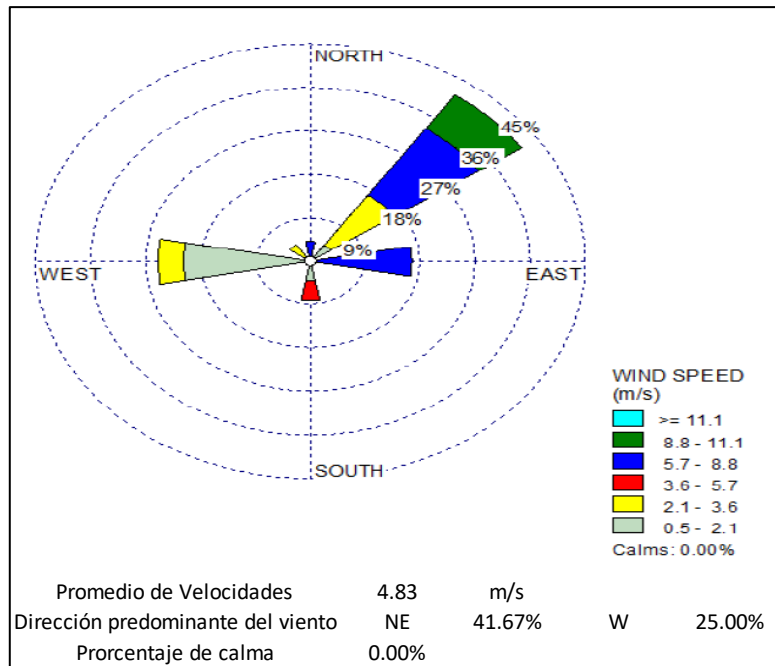
**Tabla 27: Resultados de monitoreo de ruido**

Horario	Estaciones de monitoreo	Nivel de Presión Sonora Lmin (dBA)	Nivel de Presión Sonora Lmax (dBA)	Nivel de Presión Sonora Laeq (dBA)	D.S. N° 085-2003-PCM Laeq (dBA)	
					Zona Comercial	Zona Industrial
Diurno	RU-1	28.6	46.1	36.2	70	80
	RU-2	30.1	50.6	38.6		
	RU-3	31.2	49.1	38.2		
Nocturno	RU-1	29.1	44.6	34.1	60	70
	RU-2	28.6	46.1	35.8		
	RU-3	29.1	48.2	37.1		

FUENTE: Fichtner 2015

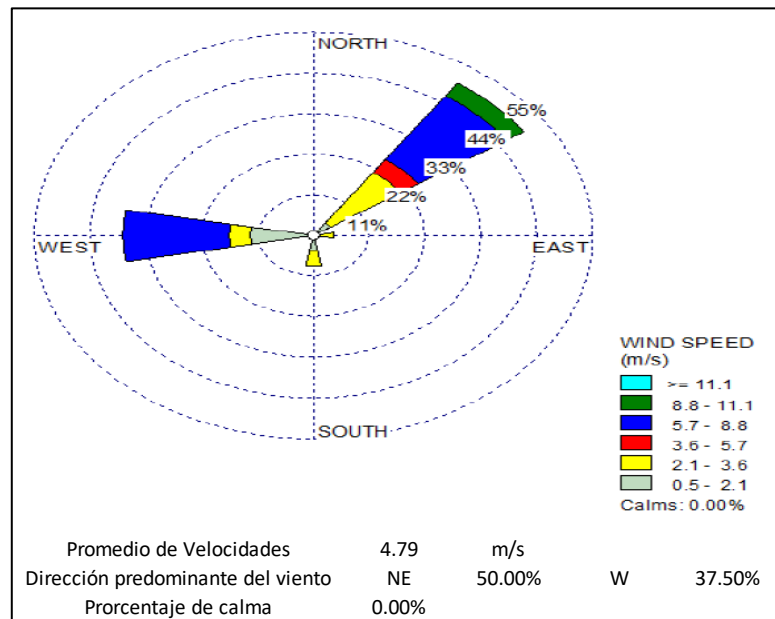
## Viento

Fichtner realizó el monitoreo de la intensidad de viento los días 10 - 11 y 11-12 de octubre de 2014 en el primer y segundo punto respectivamente. En las figuras 5 y 6 se pueden observar que durante el día el promedio de velocidades es de 4.83 m/s y las direcciones predominantes son NE y W con 41.67% y 25.5% respectivamente. En la noche el promedio de velocidades es de 4.79 m/s y las direcciones predominantes también son similares al punto anterior, NE y W con 50% y 37.5% respectivamente.



**Figura 5: Rosa de Vientos (Día)**

FUENTE: Fichtner 2015



**Figura 6: Rosa de Vientos (Noche)**

FUENTE: Fichtner 2015

### Áreas Naturales Protegidas y Restos Arqueológicos

De acuerdo a la Certificación N° 440-2014-SERNANP-DDE fundamentado en el Informe N° 1127-2014-SERNANP-DDE, emitido por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado-SERNANP, el área destinada al Proyecto “Relleno Sanitario,



planta de residuos orgánicos y planta de separación de residuos inorgánicos reciclables para las ciudades de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera, provincia de Andahuaylas, departamento Apurímac” no se superpone a un Área Nacional Protegida o Zona de Amortiguamiento.

El Oficio N° 0654-2014-DDC-APU/MC señala que no existen vestigios arqueológicos en superficie en el área del proyecto “Relleno Sanitario, planta de residuos orgánicos y planta de separación de residuos inorgánicos reciclables para las ciudades de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera, provincia de Andahuaylas, departamento Apurímac”.

### **4.1.3 Mediciones y estudios de campo**

#### **4.1.3.1 Visita al botadero “San José”**

Luego de realizar la revisión bibliográfica se programó la visita al área de estudio para la recopilación insitu y la descripción de la infraestructura presente y las actividades que se desarrollan dentro de él. Para ello se elaboró formatos de recopilación de información de campo (Ver Tablas 28, 29 y 30) y se tomó las fotografías para su posterior análisis. Asimismo se reconoció el lugar para ubicar los puntos de monitoreo de lixiviados.

**Tabla 28: Identificación de factores ambientales y sociopolíticos**

<b>Factores ambientales</b>			
Geología	Formaciones geológicas		
	Características		
	Distancia a fallas		
	Riesgo sísmico		
Geomorfología	Unidades Morfológicas	Topografía general	Topografía local
	Topografía - Carta Pendientes	Pendientes	
Hidrología superficial	Presencia de aguas superficiales	Distancia a cuerpos de agua	Distancia a ríos o quebradas
	Riesgo de Inundación		
Hidrología subterránea	Área de Escorrentía		
	Pozos		
	Permeabilidad del sustrato		
	Importancia hidrogeológica		
Clima			
Vientos			
Capacidad de uso de las tierras (propiedades agrícolas)			
Vegetación			
Fauna			
<b>Factores Socio - Políticos</b>			
Area de administracion especial			
Uso del suelo			
Ubicación relativa: distancia a núcleos poblados, infraestructura y sitios de interés			

FUENTE: Paolini 2007

**Tabla 29: Formato utilizado para visita al punto de vertido**

Datos generales						
Fotografía de Botadero						
Nombre del Botadero						
Distrito						
Dirección						
Coordenadas UTM	Puntos	Latitud ( E )	Longitud ( N )	Altitud		
	1					
	2					
	3					
Vías de Acceso	Principal					
	Secundaria					
	Tipo de camino					
Situación legal del terreno	Privado		Municipal		Del estado	
	Comunidad					
	Nombre del Propietario					
Responsable de la Operación del botadero	Nombre del responsable					
Edad del botadero (año de apertura)						
Capacidad de Operación	Entrada de Residuos (ton/día)			Numero de camiones al día		
	Cantidad acumulada aprox			Área total/ Área Utilizada		
Clima	Dirección del viento					
	Velocidad					
	Tipo de suelo					
	Temperatura					
Distancia a:	Precipitación					
	Vías		Cuerpo de agua		Zona Arqueológica	
	Viviendas		Área Agrícola		Central Eléctrica	
Composición de residuos (%)	Aeropuerto		Otros			
	Material orgánico	Papel cartón	Vidrio	Plástico	Caucho	Metales
	Textiles	Voluminosos	Escombro	Otros		
	Observaciones					
Origen de residuos	Industrial	Municipal	Hospitalario	Construcción	De Act. Especiales	
	Otros:					
Población vertedora	Municipios servidos					
Proyecto	Ha sido sometido a Evaluación de Impacto Ambiental?			Tiene proyecto/ estado		
Recuperación de materiales	Presencia de recicladores	Numero de Personas	Formalización	Cantidad Recuperada	Sueldo	
<b>Ubicación del vertedero en el Municipio</b>						
Mapa con la ubicación del botadero en el Municipio						

FUENTE: Paolini 2007

**Tabla 30: Formato utilizado para visita al punto de vertido (Continuación)**

<b>Descripción del punto de vertido</b>						
Acceso al vertedero						
						Anexo Fotográfico
Caminos internos del vertedero						
						Anexo Fotográfico
Señalizaciones						
						Anexo Fotográfico
Operaciones de relleno en el vertedero						
						Anexo Fotográfico
Taludes						
						Anexo Fotográfico
Material de cobertura						
						Anexo Fotográfico
Lixiviados						
						Anexo Fotográfico
Sistema de recogida de gases						
						Anexo Fotográfico
Poblaciones afectadas por los olores						
						Anexo Fotográfico
Residuos tóxicos y peligrosos						
						Anexo Fotográfico
Voluminosos Neumáticos						
						Anexo Fotográfico
Residuos de la construcción y demolición						
						Anexo Fotográfico
Clasificación de los residuos que se disponen en el sitio						
						Anexo Fotográfico
Vegetación						
						Anexo Fotográfico
Animales/Insectos						
						Anexo Fotográfico
<b>Circunstancias singulares del vertido</b>						
Neumáticos	Residuos industriales	Vertido líquidos o semilíquidos	Residuos peligrosos	Pilas o acumuladores	Otros	
<b>Tratamiento actual</b>						
Explotación convencional	Cobertura diaria	Quemas	Vertido de escombros incontrolado	Cierre	Sellado definitivo	Reinsertos
Abandono						
<b>Impactos evidentes</b>						
Aparición de lixiviados	Neumáticos ardiendo	Malos olores	Insectos/ aves/ roedores	Transeúntes/ Segregadores	Sustrato permeable	Vuelo de materiales
<b>Anexo fotográfico</b>						

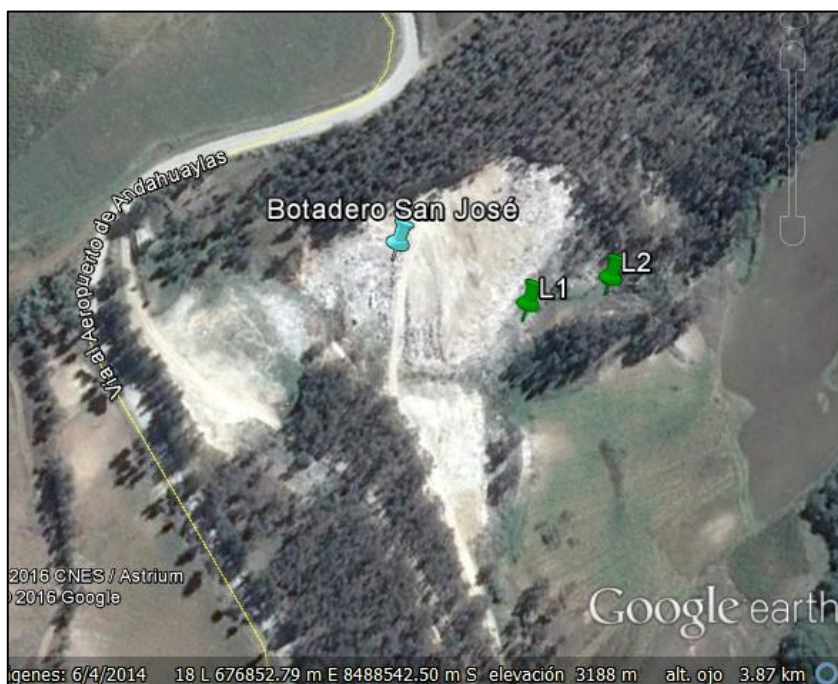
FUENTE: Paolini 2007

#### 4.1.3.2 Muestreo y análisis de lixiviados

En la etapa de reconocimiento de campo, en el botadero, se observó dos puntos de acumulación de lixiviados, más próximos a la masas de residuos, que afloran de manera espontánea de acuerdo a la topografía del terreno y la operación del botadero. El primero (L1) se ubicó en el punto más cercano a la plataforma de explotación y el segundo (L2) a 100 metros aguas abajo del anterior (Ver Figura 7 y Tabla 31). En cada uno de ellos se ubicó un punto de monitoreo para el muestreo de lixiviados, siguiendo las recomendaciones del Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas (1993).

El muestreo de lixiviados se realizó de acuerdo al Protocolo de Toma de Muestras de Aguas Residuales de Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Amazonia de Colombia (2010), que señala algunas orientaciones para el muestreo de lixiviados, parámetros y la preservación de las muestras. Se tomó una muestra simple en cada uno de los puntos según lo recomendado por dicho documento.

El muestreo se llevó a cabo el 25 de abril de 2016 y fueron enviadas al laboratorio CERTIMIN S.A., acreditado por INDECOPI (actualmente INACAL), ubicada en la ciudad de Lima.



**Figura 7: Ubicación de puntos de monitoreo de lixiviados**

FUENTE: Google earth

**Tabla 31: Detalle de punto de muestreo**

Punto	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
		Norte	Este	
L1	1er punto de acumulación de lixiviados	8488713	676860	3185
L2	2do punto de acumulación de lixiviados	8488740	676852	3149

FUENTE: Elaboración propia

Los parámetros que se analizaron fueron pH, DBO5, DQO, y metales pesados recomendados por la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 “Especificaciones de protección ambiental para la selección de sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”.

Los resultados del análisis fueron comparados con la Resolución N° 0631 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximo permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”. Asimismo, se realizó la comparación con la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 “que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos”; y estudios realizados por autores como Robles-Martínez (2011).

#### **4.1.3.3 Encuesta de percepción ambiental**

En función de la fase de recopilación de información se elaboró una encuesta semiestructurada denominada “Encuesta de Percepción Ambiental de la Comunidad Unión Chumbao sobre la Contaminación por el botadero San José” (Ver Anexo 4).

Para la aplicación de la encuesta a la población de la comunidad Unión Chumbao, se tomó una muestra de acuerdo a la siguiente fórmula para muestras de poblaciones finitas:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 x P x Q x N}{E^2 x (N - 1) + Z_{\alpha}^2 x P x Q}$$

Dónde:

- n : tamaño de muestra
- $Z_{\alpha}^2$  : Nivel de confianza (95% o 1.96)
- P : proporción esperada (50%)
- Q : 1-P
- N : población
- E : error (10%)

Según los cálculos realizados se obtuvo un valor de muestra de 35 personas.

## **4.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL**

### **4.2.1 Metodología CONAM**

A partir de la información recopilada y recabada durante la fase de recopilación bibliográfica y mediciones de campo se evaluó su impacto bajo las metodologías CONAM, según la prioridad de clausura y según los impactos. Ambos metodologías se encuentran detalladas en la revisión bibliográfica del documento.

### **4.2.2 Metodología EVIAVE**

La categorización del botadero por las metodologías CONAM es muy práctica y sencilla y no toman en cuenta mayores detalles respecto a la operación del mismo, por lo tanto además de esta metodología la información recopilada se evaluó bajo la Metodología EVIAVE. Para lo cual fue necesaria la definición de las variables de vertedero y los descriptores ambientales.

#### **4.2.2.1 Definición de variables de botadero**

Las variables de vertedero para el botadero de residuos municipales “San José” de Andahuaylas se definieron tomando en cuenta la normativa vigente en nuestro país y documentos técnicos en materia de residuos sólidos. Sin embargo en la mayoría de los casos se mantuvo la normativa acogida para la Metodología EVIAVE, Directiva 31/1999 de la Unión Europea, dado que no se encontró normativa nacional específica.

##### **1. Asentamiento de los residuos**

Al no encontrarse normativa específica en la legislación peruana para el asentamiento de residuos se mantuvo los requisitos establecidos por la normativa europea, Directiva

31/99/CEE, RD 1481/2001 y las investigaciones de Oweis y Khera (Garrido 2008), tal como se describe en la Tabla 32.

**Tabla 32: Definición de la variable Asentamiento de los residuos**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Bajo	a. Existen métodos insitu para aceleración de la degradación de la masa de residuos b. Existen controles geotécnicos anuales, mínimo de uno al año c. No se observan depresiones en la cobertura final d. No se observan daños en los sistemas de drenaje superficiales, de recogida de gases y/o recogida de lixiviados e. Se observa el adelgazamiento del espesor original f. No se detecta la incompleta compactación de residuos
Bajo	Se cumplen todas las anteriores menos “a”.
Medio	Se cumplen tres de c, d, e y f independientemente del cumplimiento de a y b.
Alto	Se cumplen dos de c, d, e y f independientemente del cumplimiento de a y b.
Muy Alto	Se cumple solo una o ninguna de c, d, e y f independientemente del cumplimiento de a y b.

FUENTE: Elaboración propia en base a Polini 2007

## **2. Cobertura diaria**

La definición de esta variable se fundamentó en la Ley 27314, Ley General de Residuos Sólidos; y la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado (MINAM 2011). Esta variable establece requisitos para la idoneidad del material de cobertura y la puesta en obra del mismo. La suma de los valores para cada uno de estos aspectos determina el valor de la variable cobertura diaria (Ver Tabla 33).

### **a) Material de cobertura adecuado**

- Tipología de suelo GC (mezcla de grava con arcilla) y GM (mezcla de grava con limos) que corresponde a suelos con porcentaje superior al 12% de finos que pasan por el tamiz N° 200 ASTM (0,074mm)
- Coeficiente de permeabilidad cercano a  $10^{-5}$  m/s
- Homogeneidad granulométrica. No tener más de 10% de partículas entre 2 y 3” de diámetro
- Espesor de capa de recubrimiento no inferior a 15 cm en zonas horizontales y a 20cm en zonas inclinadas



El material de cobertura será adecuado si se cumplen con todas las características mencionadas; medio si se cumple solo dos y no adecuado si se cumple solo una o ninguna.

b) Puesta de obra (PO) del material de cobertura satisfactoria

- Su frecuencia es adecuada, es decir, de periodicidad diaria
- Se mantienen pendientes hacia el exterior del vertedero aproximado de 1%
- Se realiza compactación del mismo con un mínimo de cuatro pasadas por tongada de residuo

La puesta de obra se considera satisfactoria si se cumplen todas las características descritas; media si se cumplen con dos y será no satisfactoria si no se cumple con ninguna.

**Tabla 33: Definición de la variable cobertura diaria**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Satisfactoria	Material adecuado + PO satisfactoria
Satisfactoria	Material adecuado + PO media
	Material poco adecuado + PO satisfactoria
Regular	Material adecuado + PO no satisfactoria
	Material poco adecuado + PO satisfactoria
	Material no adecuado + PO satisfactoria
Deficiente	Material poco adecuado + PO no satisfactoria
	Material no adecuado + PO media
Inadecuado	Material no adecuado + PO no satisfactoria
	No existe material de cobertura

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008

### 3. Compactación

Para determinar la calificación de la variable compactación de los residuos la metodología toma en cuenta los aspectos de densidad de residuos y la compactación. Los vertederos se clasificarán en función a su densidad:

- Vertedero de baja densidad con cobertura: se alcanza densidades de hasta  $500 \text{ kg/m}^3$  y se realiza a través de una pala cargadora que por la acción de su peso produce un desgarramiento y una compactación débil.
- Vertedero de media densidad con cobertura: comprende densidades de compactación entre  $560$  y  $890 \text{ kg/m}^3$  y se realiza haciendo uso de maquina especializada.
- Vertedero de alta densidad sin cobertura: se alcanza densidades de hasta  $0.9 \text{ ton/m}^3$ . Se consigue la fermentación aerobia de residuos reduciendo la anaerobia. Con una maquinaria específica que consigue la trituración se extiende los residuos en capas de

15 a 30 cm y luego de 1 a 2 semanas de estabilización se puede verter sobre ellas, evitando su cubrición.

- Vertedero de alta densidad en balas, pacas o fardos: se alcanzan densidades de 1100 kg/m<sup>3</sup>. Los residuos se compactan y empaquetan con alambre o cintas plásticas haciendo uso de un sistema de prensas.

La explotación será adecuada cuando se presente lo siguiente:

- No existen balsas superficiales
- No hay grietas
- No hay asentamientos pronunciados
- No se observa inclinación de chimeneas de extracción de gas
- No hay rebusca de aves
- La maquinaria no encuentra dificultad de movimiento

Si solo se cumplen cuatro o más de ellos, será considerado de explotación regular, y si se cumple dos de ellos o menos será de explotación deficiente. La suma de los dos aspectos determinará el valor de la variable compactación de acuerdo a la Tabla 34.

**Tabla 34: Definición de la variable compactación**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>	
Muy Alta	Vertedero a balas	Explotación adecuada
Alta	Vertedero a balas	Explotación regular
	Vertedero a balas	Explotación adecuada
Media	Vertedero a balas	Explotación deficiente
	Vertedero de alta densidad	Explotación regular
	Vertedero de media densidad	Explotación adecuada
Baja	Vertedero de alta densidad	Explotación deficiente
	Vertedero de media densidad	Explotación regular
	Vertedero de baja densidad	Explotación adecuada
Nula	Vertedero de media densidad	Explotación deficiente
	Vertedero de baja densidad	Explotación regular
	Vertedero no tiene compactación alguna	

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y Paolini 2007

#### **4. Cobertura final**

De acuerdo a la normativa de Cataluña Decreto 1/97 se establece la organización de la cobertura final de residuos:

- Capa de asentamiento u homogenización de espesor mínimo 50cm

- Capa de drenaje de gases
- Capa mineral impermeable (Capa arcillosa  $k < 10^{-9} \text{m/s}$ ) y con espesor mínimo de 90cm
- Nivel drenante continuo protegida por un textil filtrante o por una capa de material granular, de un grosor mínimo de 30 cm con grava  $k \geq 10^{-3} \text{m/s}$
- Capa de tierra de 50 cm de grosor para soportar la vegetación
- Capa vegetal de 30 convenientemente abonada
- Pendiente final de la capa de sellado del 2% hacia el exterior del vertedero

De acuerdo al cumplimiento de los requisitos mencionados se clasificará la variable según la Tabla 35.

**Tabla 35: Definición de la variable cobertura final**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Adecuada	Si se cumple lo establecido por el Decreto 1/97.
Adecuada	Se cumple todo lo anterior excepto la existencia de la capa drenante de gases
Media	Se cumplen los requisitos de capa mineral impermeable y nivel drenante, pero no se cumple lo relativo al resto de las capas
Deficiente	No se cumplen con los requisitos de la capa mineral impermeable, y/o del nivel drenante pudiéndose o no cumplir lo relativo con el resto de las capas
Inexistente	No existe la capa de cobertura final

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008

## **5. Control de gases**

La metodología considera que la variable está en función del cumplimiento de aspectos como los controles en el sistema de recogida, el tratamiento y la medición de los gases. La valoración de la variable se realizará de acuerdo a la Tabla 36.

**Tabla 36: Definición de la variable control de gases**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy adecuado	Si se cumple lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"><li>- Si el vertedero posee y está en buen estado al menos uno de los controles pasivo y uno de los controles activos</li><li>- Además los gases se tratarán y aprovecharán para energía, y si no puede aprovecharse se quemará antes de su salida al exterior</li><li>- La frecuencia de medición será la siguiente: emisiones potenciales de gas y presión atmosférica CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, etc. mensualmente</li></ul>
Adecuado	Si se cumple todo lo anterior excepto que no existen tratamientos de los gases, ni recuperación de la energía, ni quemadores.
Regular	Si los controles pasivos y activos existen, pero no están en buen estado o bien no existe medición en la frecuencia que establece la condición “Muy adecuado”
Bajo	Si existe déficit en la recogida y en la frecuencia de medición de gases, pudiendo o no existir o no aprovechamiento de energía
Nulo	No existe control de gases; no hay aprovechamiento, ni mediciones.

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y Paolini 2007

## **6. Control de lixiviados**

La variable control de lixiviados considera aspectos como los controles del lixiviado, la impermeabilización de las balsas de almacenamiento y el tratamiento que se aplique al lixiviado. La valorización de la variable se muestra en la Tabla 37.

La impermeabilización de las balsas de almacenamiento se realizará de acuerdo a los siguientes requisitos:

- Se saneará, nivelará y extenderá sobre el terreno natural una capa de arcilla debidamente compactada. La pendiente no será inferior al 1% y la superficie afectada drenará en su totalidad hacia un punto concreto.
- Se extenderá un nivel de 20 cm de grosor con una red de tubos de drenaje conectados a un pozo de registro de la estanqueidad de la balsa.
- Se extenderá una lámina sintética de impermeabilización debidamente protegida.

**Tabla 37: Definición de la variable control de lixiviados**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy adecuado	Control de volumen mensual y de la composición del lixiviado trimestralmente Los sistemas de drenaje están en buen estado Existen balsas de almacenamiento que cumplen con los requisitos señalados Hay tratamiento de lixiviados excluyéndose la recirculación
Adecuado	Control de volumen mensual y de la composición del lixiviado trimestralmente Los sistemas de drenaje están en buen estado Existen balsas de almacenamiento que cumplen con los requisitos señalados y en buen estado de conservación El tratamiento de los lixiviados es de recirculación
Regular	Existe sistema de drenaje y almacenamiento con tratamiento o recirculación en los que se observa problemas de diseño y/o conservación El control de volumen y composición se realiza de manera no correcta
Bajo	Existe el sistema de drenaje y almacenamiento con o sin recirculación pero con mal diseño y conservación No existe control del volumen y composición de los lixiviados
Nulo	No hay control de drenaje, almacenamiento, tratamiento de lixiviados

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y Paolini 2007

## 7. Edad de vertedero

Para la definición de la variable se tomó en cuenta lo establecido en la metodología EVIAVE, que determina un intervalo de 5 años para la clasificación de los vertederos. La valorización de la variable se realizará tal como se muestra en la Tabla 38.

**Tabla 38: Definición de la variable edad de vertedero**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Joven	Hasta 5 años
Edad Media	5 - 10 años
Maduro	10 - 15 años
Viejo	15 - 20 años
Muy Viejo	Más de 20 años

FUENTE: Garrido 2008

## 8. Estado de caminos internos

La metodología establece requisitos para la clasificación de esta variable fundamentalmente por el tipo de material, estado de conservación y la protección ante la generación de polvo. La Tabla 39 muestra los requisitos para la valoración de la variable.

**Tabla 39: Definición de la variable estado de caminos internos**

Condición	Descripción
Muy adecuado	a. Existe drenaje para evacuación de aguas de lluvia o escorrentía b. Existen conservación de los caminos, limpieza de materiales ligeros acumulados en las cunetas, en el carril o en los alrededores c. Todo el camino estará hormigonado o alquitranado hasta la zona de depósito, o al menos hasta la caseta del guardabarrera. Las vías temporales están hechas con restos de construcción compactados que evitan la formación de baches y asentamientos. Las calles para las compactadoras deben estar hechas con pavimento de piedra o gravilla debido a los dientes de acero que tienen las ruedas d. En zonas habituales de vientos existen pantallas vegetales o pantallas móviles que minimicen el polvo e. Cuando el vertedero se encuentra cerrado, dado que no hay tráfico vehicular
Adecuado	Si se cumple lo anterior, excepto que las vías están hechas con restos de construcción compactadas y que las calles para las compactadoras estén hechas con pavimentos de piedra o gravilla.
Regular	Si existe conservación de los caminos pero, no posee drenaje de escorrentía, o el camino no está hormigonado o alquitranado hasta la zona del depósito
Deficiente	Si existe conservación de los caminos internos del vertedero pero no existen pantallas vegetales o móviles, ni drenajes
Inadecuado	No cumple con ninguna de las condiciones establecidas en el correcto diseño y explotación de los caminos internos

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y Paolini 2007

## 9. Impermeabilización del punto de vertido

La variable impermeabilización del punto de vertido fue modificada incorporando las especificaciones de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado (MINAM 2011). Por lo tanto los requisitos para su clasificación se pueden observar en la Tabla 40.

**Tabla 40: Definición de la variable impermeabilización del punto de vertido**

Condición	Descripción
Muy Alta	Si existe un barrera geológica natural con una permeabilidad $k \leq 10^{-9}$ m/s y espesor de 2 m. Si esto no se cumple se podrá instalar una capa mineral $\geq 0.5$ m y permeabilidad $k \leq 10^{-9}$ m/s. Revestimiento artificial colocado sobre todo el vaso $\geq 1$ mm de grosor y sobre los flancos o los muros de contención 2:1
Alta	En la base y a los lados del vertedero si se dispone de una capa mineral en condiciones de espesor 1 m y permeabilidad $K \leq 10^{-9}$ m/s. Cuando la barrera geológica natural no cumpla con las condiciones se completa con una barrera geológica artificial formada por una capa mineral de espesor $\geq 0.4$ m y permeabilidad $\leq 10^{-6}$ m/s
Regular	La impermeabilización natural en el vaso y en los laterales está en buen estado, pero no la impermeabilización artificial por que presenta desperfectos.
Baja	La impermeabilización natural del vaso y de los laterales no cumplen con los requisitos establecidos en el punto de impermeabilización alta pero si las de impermeabilización artificial
Muy Baja	Cuando no se cumple ninguno de los requisitos de impermeabilización natural y artificial para el vaso y los laterales del punto de vertido establecidos en el punto de impermeabilización alta. No existe impermeabilización natural o artificial.

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008, Paolini 2007 y MINAM 2011

## 10. Seguridad

La metodología plantea un listado de requisitos, basada en directrices que deben tenerse en cuenta para asegurar la salud de los trabajadores y personas (segregadores) que accedan al punto de vertido; para clasificar y cuantificar la variable (Ver Tabla 41).

**Tabla 41: Definición de la variable seguridad**

Condición	Descripción
Muy Alta	Si se cumple lo siguiente: a. Los trabajadores cuentan con Equipos de Protección Personal b. Accesos restringidos (vallados y señalizados con prohibiciones de paso y advertencias) y existencia de cámaras de televisión para supervisar el funcionamiento y acceso del vertedero d. Prohibición del consumo de alimentos durante la jornada de trabajo e. Supervisión por parte del equipo profesional asesor o jefe de operaciones f. Número adecuado de sanitarios y vestuarios g. No se observan vectores contaminantes como roedores, aves, perros, etc. h. No se observan animales de consumo humano como porcino, caprino, ovino, aves de corral, etc. j. No existen personas dedicadas a la recuperación de residuos reciclables (segregadores)
Alta	Se cumplen todas excepto la inexistencia o mal estado de EPPs
Regular	Se cumplen todas excepto dos (2) de la lista, excluyendo la inexistencia o mal estado de los EPPs
Baja	No se cumplen tres de los requisitos establecidos en la lista de forma completa o en algunos aspectos de su descripción. Existen personas dedicadas en a la recuperación de residuos reciclables.
Muy Baja	Si no se cumple cuatro o más de las condiciones establecidas. Presencia de animales de consumo humano

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y Paolini 2007

### **11. Sistema de drenaje superficial**

La clasificación de la variable sistemas de drenaje superficial toma en consideración el diseño, estado de conservación y la existencia de sistemas de contención de aguas pluviales (Ver Tabla 42).



**Tabla 42: Definición de la variable sistema de drenaje superficial**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Adecuado	Existen canales interceptores y canales principales con dimensiones y pendientes adecuadas para acumular y evacuar la escorrentía de la cuenca, de acuerdo con las precipitaciones locales. Su estado de conservación es adecuado en lo que se refiere a limpieza y control de desperfectos El vertedero cuenta con estanques de contención de pluviales
Adecuado	Existen canales interceptores y principales con dimensiones y pendientes adecuadas de acuerdo a las precipitaciones locales El estado de conservación es adecuado No existe estanque para la contención de pluviales
Regular	Existen canales interceptores y principales con dimensiones y pendientes adecuadas Su limpieza y control de desperfectos no es el más idóneo No existe estanque para la contención de pluviales
Deficiente	Existe un sistema de drenaje superficial muy básico, no diseñado específicamente de acuerdo a las precipitaciones locales, independientemente del estado de conservación No existe estanque para la contención de pluviales
Muy Deficiente	No existe sistema de drenaje superficial

FUENTE: Garrido 2008

**12. Talud (Pendiente)**

La metodología plantea una clasificación para la variable talud del vertedero tal como se muestra en la Tabla 43.

**Tabla 43: Definición de la variable talud del botadero**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Adecuado	Pendiente de talud < 3:1 (Horizontal y Vertical)
Adecuado	4:1 < Pendiente < 3:1
Media	3:1 < Pendiente < 2:1
Baja	2:1 < Pendiente < 1.5:1
No Adecuado	Pendiente > 1.5:1

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008

**13. Tamaño del botadero**

Para realizar la modificación de la clasificación de la variable tamaño de vertedero se tomó en cuenta la cantidad de residuos depositados en los principales botaderos y rellenos sanitarios del país (Ver Tabla 44).

**Tabla 44: Definición de la variable tamaño del botadero**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Baja Capacidad	<10 ton/día
Baja Capacidad	10-50 ton/día
Capacidad Media	50-100 ton/día
Alta Capacidad	100-1000 ton/día
Gran Capacidad	>1000 ton/día

FUENTE: Elaboración propia

#### 14. Tipo de residuo

La clasificación de la variable tipo de residuo se tomó en cuenta la plateada por la metodología, que considera los aspectos del porcentaje de materia orgánica presente en la masa de residuos y la presencia de residuos peligrosos (Ver Tabla 45).

**Tabla 45: Definición de la variable tipo de residuo**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Poder Contaminante Muy Bajo	Ausencia de residuos peligrosos (Residuos de establecimientos de salud e industriales). Presencia de bajo porcentaje de materia orgánica (Alto porcentaje de separación en la fuente de generación o en el interior del relleno/botadero)
Poder Contaminante Bajo	Ausencia de residuos peligrosos (Residuos de establecimientos de salud e industriales). Presencia de porcentaje medio de materia orgánica (Porcentaje medio de separación en la fuente de generación o en el interior del relleno/botadero)
Poder Contaminante Media	Presencia de cantidad mínima de residuos peligrosos (Residuos de establecimientos de salud e industriales). Presencia de porcentaje medio de materia orgánica ( Porcentaje medio de separación en la fuente de generación o en el interior del relleno/botadero)
Poder Contaminante Alto	Presencia cantidad media de residuos peligrosos (Residuos de establecimientos de salud e industriales). Presencia de porcentaje elevado de materia orgánica ( Bajo porcentaje de separación en la fuente de generación o en el interior del relleno/botadero)
Poder Contaminante Muy Alto	Presencia cantidad elevada de residuos peligrosos (Residuos de establecimientos de salud e industriales). Presencia de porcentaje muy elevado medio de materia orgánica ( Porcentaje muy bajo de separación en la fuente de generación o en el interior del relleno/botadero)

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y Paolini 2007

## 15. Vulnerabilidad de las aguas subterráneas

Para cuantificar la vulnerabilidad a las aguas subterráneas se utilizara el método GOD, que determina la vulnerabilidad a partir de factores como la profundidad de la superficie freática o techo del acuífero confinado, el tipo de ocurrencia del agua subterránea y las características, la litología y grado de consolidación de los estratos encima de la zona saturada (Paolini 2007). El producto de los factores mencionados da como resultado el Índice de vulnerabilidad (IV), para lo cual emplea la siguiente ecuación y es clasificado de acuerdo a la Tabla 46.

$$IV = G \cdot O \cdot D$$

Dónde:

G: Índice por condición de confinamiento del acuífero y ocurrencia del agua subterránea (Ground Water Occurance)

O: Índice de substrato litológico en términos de grado de consolidación y características litológicas (Overall Aquifer Class)

D: Índice de Profundidad del nivel del agua o techo del acuífero confinado (Depth)

**Tabla 46: Definición de la variable vulnerabilidad de las aguas subterráneas**

Condición	Descripción
GOD Muy Baja	$IV < 0,1$
GOD Baja	$0,1 \leq IV < 0,3$
GOD Media	$0,3 \leq IV < 0,5$
GOD Alta	$0,5 \leq IV < 0,7$
GOD Muy Alto	$IV \geq 0,7$

FUENTE: Garrido 2008

## 16. Distancia a infraestructuras

La distancia a infraestructuras al botadero se clasifica de acuerdo al tipo de infraestructura, que fueron recogidos de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado (MINAM 2011) y la legislación tomada por la metodología. Las infraestructuras se dividen en dos grupos (Ver Tabla 47): tipo I, aquellas que presentan afección a un número elevado de individuos; y tipo II, aquellas que la proximidad del botadero supone una molestia o riesgos laborales o dificultad para llevar a cabo sus labores.

**Tabla 47: Distancias mínimas a infraestructuras**

Infraestructura		Distancia mínima a punto de vertido
Tipo I	Aeropuertos	> 3000 m
	Aeródromos	> 1500 m
	Estaciones Eléctricas	> 1000 m
	Conductos y redes de abastecimiento de aguas	> 100 m
	Pozos, fuentes y manantiales	> 2000m en dirección aguas arriba del flujo > 500m en dirección aguas abajo del flujo
	Centros de Producción (Áreas agrícolas, granjas)	>1000 m
	Oleoductos	> 100 m
Gaseoductos		
Tipo II	Redes de alta tensión	> 100 m
	Vías nacionales y provinciales	> 1000 m
	Vías comarcales	> 500 m
	Red ferroviaria	

FUENTE: Elaboración propia en base a MINAM 2011, Garrido 2008

En función de la cantidad de infraestructuras y la proximidad al botadero se determinará su clasificación de acuerdo a la Tabla 48.

**Tabla 48: Definición de la variable distancia a infraestructuras**

Condición	Descripción
Infraestructuras con afección nula	Las infraestructuras se encuentran alejadas de acuerdo a las distancias mínimas requeridas
Infraestructuras con baja afección	Cuando se cumplen todas las condiciones mínimas de referencia para infraestructuras de tipo I, pero no para 1 o 2 de las de tipo II
Infraestructuras con afección media	Si se cumplen todas las condiciones mínimas de referencia para infraestructuras de tipo I, pero no para 3 o más de las de tipo II.
Infraestructuras con afección alta	No se cumplen las distancias mínimas de referencia para una de las infraestructuras de tipo I, independientemente del número de infraestructuras afectadas del tipo II.
Infraestructuras con afección muy alta	Cuando no se cumplen las distancias mínimas de referencia para dos o más de las infraestructuras del tipo I, independientemente de número de afectadas del tipo II.

FUENTE: Elaboración propia en base a MINAM 2011, Garrido 2008

## 17. Distancia a núcleos poblados

En la modificación de esta variable se tomó en cuenta las distancias mínimas para la ubicación de un sitio de disposición final de residuos respecto a núcleos urbanos, establecidas en la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado (MINAM 2011); lo requisitos ya planteados por la metodología. La clasificación de la variable se puede apreciar en la Tabla 49.

**Tabla 49: Definición de la variable distancia a núcleos poblados**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Alta	No existen edificaciones en un radio de 3 km
Alta	No existe centro urbano en un radio de 3km pero se observa la presencia de población dispersa a partir de 1 km
Regular	No existe un centro urbano en un radio de 3 km pero se observa la presencia de núcleos rurales o zona industrial a menos de 1 km
Baja	Existe una zona rural, con una baja densidad de población, a una distancia menor a 1 km
Muy Baja	Existe un núcleo urbano, con alta densidad de población a menos de 3 km

FUENTE: Elaboración propia

## 18. Distancia a masas de aguas superficiales

La clasificación de la variable distancia a masas de aguas superficiales (DMAS) se recoge de la planteada por la metodología y los requisitos establecidos en la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado (MINAM 2011). Su calificación se realizará de acuerdo a la Tabla 50.

**Tabla 50: Definición de la variable distancia a masas de aguas superficiales**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Alta	DMAS > 1000 m
Alta	500 < DMAS < 1000 m
Media	300 < DMAS < 500 m
Baja	50 < DMAS < 300 m
Muy Baja	La masa de agua superficial se encuentra a menos de 50 m o bien los residuos están en contacto directo con las aguas superficiales

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008 y MINAM 2011

## 19. Erosión

La clasificación de esta variable (Ver Tabla 51) es la misma que la planeada por la metodología EVIAVE, que considera condiciones de profundidad de los regueros y la dificultad que estos representa para el movimiento de las maquinarias.

**Tabla 51: Definición de la variable erosión**

Condición	Descripción
Muy Baja	Se observan diminutos reguerillos ocasionalmente
Baja	Existen reguerillos de hasta 15 cm de profundidad
Media	Existen numerosos y pequeños regueros de 15 a 30 cm de profundidad
Marcada	Existen numerosos regueros de 30 a 60 cm de profundidad. No impiden, aunque afecten, el uso de maquinaria pesada
Avanzada	Existen regueros o surcos de más de 60 cm de profundidad que impiden el uso de maquinaria pesada, pero afectan poco al uso de maquinaria ligera y de tracción animal

FUENTE: Garrido 2008

## 20. Fallas

Para la clasificación de la variable fallas se acogió las disposiciones planteada por la metodología EVIAVE, que tiene en cuenta la existencia de fallas en las inmediaciones del vertedero y la actividad de las mismas; tal como se muestran en la Tabla 52.

**Tabla 52: Definición de la variable fallas**

Condición	Descripción
No existe	Cuando no existen fallas o están ubicadas a más de 60 m del vaso de vertido y fuera del perímetro del relleno/botadero
Existen en el entorno del vaso de vertido pero de baja inactividad	Cuando existen fallas a más de 60 m del vaso, dentro del perímetro del vertedero, pero están inactivas desde la época del terciario y anteriores (más de 1 650 000 años)
Existen en el entorno del vaso de vertido pero de inactividad media	Las fallas están a más de 60 m del vaso, dentro del perímetro del vertedero (se han movido durante el Holoceno, en los últimos 10 000 años) o pueden estar potencialmente activas porque se han movido durante el Cuaternario(10 000 - 1 650 000 años)
Existen en el entorno del vaso de vertido pero inactivas	Existen falla en el vaso de vertido, inactivas (no se han movido durante el terciario) o potencialmente activas (no se han movido durante el cuaternario)
Existen en el entorno del vaso de vertido	Existen fallas activas dentro del vaso de vertido ( se han movido durante el holoceno)

FUENTE: Garrido 2008

## 21. Morfología a cauces superficiales

De acuerdo a la Metodología EVIAVE, la variable morfología tiene en cuenta la pendiente a cauces superficiales y la escorrentía superficial. Por lo tanto su clasificación se recoge en la Tabla 53.

**Tabla 53: Definición de la variable morfología cauces superficiales**

Condición	Descripción
Muy Apropiado	Pendiente recomendada entre 1 y 20%. Existe bajo potencial de escorrentía
Apropiado	Pendiente recomendada entre 1 y 20%. Existen suelos con velocidad de infiltración moderada. Pendiente inferior al 1% o superior al 20%. Existe suelos de bajo potencial de escorrentía
Media	Pendiente recomendada entre 1 y 20%. Suelos con baja velocidad de infiltración Pendiente es inferior al 1% o superior al 20 % y suelos con velocidad de infiltración moderada
Inapropiada	Pendiente recomendada entre 1 y 20%. Suelos con elevado potencial de escorrentía. Pendiente inferior al 1% o superior al 20% y suelos con baja velocidad de infiltración
Muy Inapropiada	Pendiente inferior al 1% o superior al 20% y suelos tienen elevado potencial de escorrentía

FUENTE: Garrido 2008

## 22. Pluviometría

La modificación de esta variable se realizó en base a los datos de precipitación media anual, tomado del Mapa de Precipitación Anual del Perú. Por tanto la clasificación de la variable queda de la siguiente manera (Ver Tabla 54).

**Tabla 54: Definición de la variable pluviometría**

Condición	Descripción
Muy Baja	Precipitación media anual < 400 mm
Baja	400 < Precipitación ≤ 600 mm
Media	600 < Precipitación ≤ 1200 mm
Alta	1200 < Precipitación ≤ 2000 mm
Muy Alta	Precipitación > 2000 mm

FUENTE: Elaboración propia

## 23. Punto situado en áreas inundables

Debido que para el área de estudio no se disponen de datos sobre riesgo de inundación se establece la clasificación de la variable en función de la frecuencia y regularidad de las

inundaciones. La fuente de información se obtiene a partir del conocimiento de la población cercana al botadero; y su clasificación se determinara de acuerdo a la Tabla 55.

**Tabla 55: Definición de la variable punto situado en áreas inundables (sin estudios)**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Baja	No hay inundaciones
Baja	Si las crecidas son raras pero probables
Media	Las inundaciones duran ciertos meses del año o en cualquier periodo las condiciones meteorológicas son poco usuales, las cuales son suficientes para destruir los cultivos o impedir el uso del suelo
Alta	Cuando las inundaciones son frecuentes y ocurren en forma irregular durante ciertos meses del año de modo que el suelo puede usarse para el cultivo el tiempo restante
Muy Alta	Cuando las inundaciones son frecuentes e irregulares, que hacen incierto el uso del suelo para el cultivo agrícola

FUENTE: Garrido 2008

#### **24. Riesgo sísmico**

La metodología EVIAVE plantea una clasificación de la variable para lugares con distinta escalas sísmicas de referencia (EMS, MSK o Mercali), tal como se muestra en la Tabla 56.

**Tabla 56: Definición de la variable riesgo sísmico**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Baja	Si se clasifica menor a VI o menor de 0,04g
Baja	Si se clasifica entre VI y VII o entre 0,04 y 0,8g
Media	Si se clasifica entre VII y VIII o entre 0,08g y 0,12g
Alta	Si se clasifica entre VIII y IX o entre 0,12g y 0,16g
Muy Alta	Si en la zona está en un grupo mayor de IX o mayor a 0,16 g

FUENTE: Garrido 2008

#### **25. Viento**

La clasificación se realizó en función de la orientación de los movimientos frecuente, así como su intensidad. Para la intensidad se sigue la clasificación de Ledesma, por el número de intervalos considerados, completada con la escala de Beaufort para aquellos casos en los que no existe registro de datos en las zonas de velocidad del viento (Ver Tabla 57).



**Tabla 57: Definición de la variable viento**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Zona muy Idónea de ubicación respecto del viento	La suma de las características dirección e intensidad del viento es de 1 o 2
Zona Idónea de ubicación respecto del viento	Si la suma de las características dirección e intensidad de viento es 3 o 4
Zona de Idoneidad media con respecto del viento	Si la suma de las características dirección e intensidad de viento es 5 o 6
Zona de baja idoneidad con respecto del viento	Si la suma de las características dirección e intensidad de viento es 7 u 8
Zona de muy baja idoneidad con respecto del viento	Si la suma de las características dirección e intensidad de viento es 9 u 10

FUENTE: Garrido 2008

## 26. Visibilidad

La clasificación de la variable está basada en el criterio de visibilidad, que combina técnicas de criterios de GIS y métodos de Análisis Multivariante (Garrido 2008). Este criterio tiene en cuenta las distancias radiales a áreas urbanas y carreteras principales; donde clasifica la variable según la Tabla 58.

**Tabla 58: Definición de la variable visibilidad**

<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Muy Baja	El botadero/relleno no es visible
Baja	El botadero/relleno es visible desde zonas urbanas a más de 2000m
Media	El botadero/relleno es visible desde zonas urbanas de 1000 a 2000m y/o desde carreteras principales a una distancia menor a 500m
Alta	El botadero/relleno es visible desde zonas urbanas a una distancia de 500 a 1000m
Muy Alta	El botadero/relleno es visible desde zonas urbanas a menos de 500m

FUENTE: Garrido 2008

### 4.2.2.2 Definición de los descriptores ambientales

#### Descriptores ambientales para el elemento aguas superficiales

Para la modificación del descriptor ambiental de aguas superficiales respecto al uso del agua se categorizó en base al Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338, que en el artículo 54° establece que el uso del agua para la satisfacción de necesidades humanas es prioritario sobre cualquier uso. Para los demás fine en el artículo 62° establece una prioridad del otorgar su uso: a) Agrario, acuícola y pesquero, b) Energético, industrial, medicinal y minero, c) Recreativo, turístico y transporte y d) Otros usos.

Para la clasificación del atributo tipo de curso de agua superficial se mantuvo para los dos primeros grupos y se modificó las tres últimas categorías incorporando lo establecido por el D.S. 002-2008-MINAM, Estándares para Calidad de Agua, donde se clasifica a los cuerpos de agua en cuatro categorías: (a) Categoría 1 Poblacional y recreacional; (b) Categoría 2 Actividades marino costeros; (c) Categoría 3 Riego de vegetales y bebidas de animales; y (d) Conservación del ambiente acuático.

En el caso de la calidad de agua se mantuvo los criterios de clasificación de la metodología EVIAVE dado su sencillez para su aplicación y la falta de datos en el país la clasificación de los cuerpos de agua según su calidad.

La clasificación del descriptor aguas superficiales, anteriormente justificados, que se utilizaran para la aplicación en el presente trabajo se muestran en la Tabla 59.

### **Descriptores ambientales para el elemento aguas subterráneas**

La modificación de este descriptor para el caso de usos de agua se da de la misma forma que para el elemento aguas superficiales, de acuerdo al Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338. Sin embargo para la calidad de aguas subterráneas se mantiene los criterios establecido en la metodología EVIAVE. Por lo tanto la clasificación de este descriptor se muestra en la Tabla 60.

**Tabla 59: Descriptores ambientales para el elemento aguas superficiales**

Descriptores ambientales	Cód.	Características	Valor
Usos de agua	A1	Otros usos	1
		Recreativo, turístico y transporte	2
		Energético, industrial, minero y medicinal	3
		Agricultura, acuicultura y pesquería	4
		Uso primario (Uso directo para satisfacer necesidades humanas) y poblacional	5
Tipo de curso de agua superficial	A2	Cursos de aguas artificiales: canales, acequias y estanques	1
		Ríos de 3er orden o más y cursos de agua estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2
		Ríos de 1er y 2do orden (Riego de vegetales y bebida de animales)	3
		Conservación del ambiente acuático: Ecosistemas marino costeros	4
		Conservación del ambiente acuático: Lagunas y lagos, ríos de sierra y selva	5
Calidad de aguas superficiales	A3	<p>Aguas de calidad muy deficiente</p> <p>Las aguas que muestren indicios de alteraciones graves de los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial y en que estén ausentes amplias proporciones de las comunidades biológicas pertinentes normalmente asociadas con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. En cuanto a su aspecto se observan aguas negras con fermentaciones y olores.</p>	1
		<p>Aguas en estado deficiente</p> <p>Los valores de los indicadores biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial se desvían moderadamente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. Los valores muestran signos moderados de distorsión causada por la actividad humana y se encuentran significativamente más perturbados que en las condiciones al buen estado. En cuanto a su aspecto se observan aguas con apariencia de contaminación y color.</p>	2
		<p>Aguas en estado aceptable</p> <p>Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial muestran valores bajos de distorsión causada por la actividad humana, pero solo se desvían ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. En cuanto a su aspecto se observan aguas ligeramente coloreadas, con espuma y ligera turbiedad.</p>	3
		<p>Aguas en buen estado</p> <p>No existen alteraciones antropogénicas de los valores de los indicadores de calidad fisicoquímicas e hidromorfológicas correspondientes al tipo de masa de agua superficial, o existen alteraciones de muy escasa importancia, en comparación con los asociados normalmente con ese tipo en condiciones inalteradas. Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes a la masa de agua superficial reflejan los valores normalmente asociados con dicho tipo en condiciones inalteradas, y no muestran indicios de distorsión, o muestran indicios de escasa importancia. En cuanto a su aspecto se observan aguas claras sin aparente contaminación. No presentan especies (flora y/o fauna) protegidas</p>	4
		<p>Aguas en muy buen estado con especies (flora y/o fauna) protegidas: Igual al anterior pero se observan especies protegidas</p>	5

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008

**Tabla 60: Descriptores ambientales para el elemento aguas subterráneas**

Descriptores ambientales	Cód.	Características	Valor
Usos de agua	B1	Otros usos	1
		Recreativo, turístico y transporte	2
		Energético, industrial, minero y medicinal	3
		Agricultura, acuicultura y pesquería	4
		Uso primario (Uso directo para satisfacer necesidades humanas) y poblacional	5
Calidad de aguas subterráneas	B2	Aguas muy deficientes Nitratos >50mg/l y Cloruros >250mg/l	1
		Aguas deficientes o malas Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos >50mg/l Cloruros >250mg/l y Nitratos 25-50mg/l	2
		Aguas en estado aceptable Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l Cloruros >250mg/l y Nitratos <25mg/l Cloruros <25mg/l y Nitratos >50mg/l	3
		Aguas en buen estado Cloruros <25mg/l y Nitratos 25-50mg/l Cloruros 25-250mg/l y Nitratos <25mg/l	4
		Aguas en muy buen estado: Cloruros <25mg/l y Nitratos <10mg/l	5

FUENTE: Elaboración propia en base a Garrido 2008

### Descriptores ambientales para el elemento atmósfera

La modificación del descriptor para el elemento atmosfera respecto a la calidad del aire se realizó en base a lo establecido por el SENAMHI (2013) para la clasificación del estado de la calidad del aire en Lima Metropolitana. Para ello hace uso de los valores de los Estándares Nacionales de Calidad de Aire y Índice de Índice de Calidad de Aire (ICA), categorizando el estado de la calidad del aire en: (a) Bueno, (b) Moderado, (c) Malo, (d) Muy malo y (e) Alerta máxima (Ver Tabla 61). La clasificación para la calidad del aire se muestra en la Tabla 62.

**Tabla 61: Clasificación del estado de calidad de aire**

Estado de Calidad del aire	Índice de calidad del aire (ICA)	PM10 (ug/m3)	SO2 (ug/m3)	NO2 (ug/m3)	O3 (ug/m3)
		24h	24h	1h	8h
Bueno	0-50	0-50	0-20	0-40	0-60
Moderado	>50-100	>50-150	>20-80	>40-200	>60-120
Malo	>100-200	>150-250	>80-500	>200	>120
Muy Malo	>200-300	>250-420	>500-2500		
Alerta extrema	>300	>420	>2500		

FUENTE: Elaboración propia a partir de SENAMHI 2013

**Tabla 62: Descriptores ambientales para el elemento atmósfera**

Descriptores ambientales	Cód.	Características	Valor
Calidad de aire	C1	Calidad del aire en alerta maxima: si se da alguna de las siguientes circunstancias - Índice de Calidad de Aire (ICA): >300, - PM10: >420 ug/m30-50 - SO2: >2500 ug/m3 - Olor cuya intensidad en el aire lo hace desapropiados para respirar - En estos valores y superiores se dispara la alerta y pueden producirse graves efectos de salud en la población.	1
		Calidad del aire muy mala: si se da alguna de las siguientes circunstancias: - ICA: >200-300 - PM10: >250-420 ug/m3 - SO2: >500-2500 ug/m3 - Un olor que llama la atención y que lo hace muy desagradable. - Se observan efectos nocivos. Miembro de los grupos sensibles pueden sufrir serios efectos en la salud.	2
		Calidad del aire mala: si se da alguna de las siguientes circunstancias: - ICA: >100-200 - PM10: >150-250 ug/m3 (24h) - SO2: >80-500 ug/m3 (24h) - NO2: >200 ug/m3 (1h) - O3: >120 ug/m3 (8h) - Es un olor tan débil que una persona normal podría detectarla si prestara atención porque de otra manera no se daría cuenta - Se ven afectados con alto riesgo aquellos enfermos de pulmón por las concentraciones de ozono, y enfermos coronarios por exposición a partículas respiratorias. La población general no se ve afectada.	3
		Calidad del aire moderado: si se da alguna de las siguientes circunstancias: - ICA: >50-100 - PM10: >50-150 ug/m3 - SO2: >20-80 ug/m3 - NO2: >40-200 ug/m3 - O3: >60-120 ug/m3 - Olor que ordinariamente podía no notarse por una persona normal pero si serian detectables por un inspector experimentado o por una persona muy sensible. - Se pueden ver afectados algunos habitantes con síntomas de afección respiratoria por sensibilidad al ozono.	4
		Calidad del aire buena: si se da alguna de las siguientes circunstancias: - ICA: 0-50 - PM10: >0-50 ug/m3 - SO2: >0-20 ug/m3 - NO2: >0-40 ug/m3 - O3: >0-60 ug/m3 - Olor no detectable. - Calidad de aire satisfactoria. No existe riesgo de contaminación.	5

FUENTE: Garrido 2008

## Descriptorios ambientales para el elemento suelo

La clasificación del descriptor suelo referente al uso de suelo se realizó tomando como referencia el D.S. 017-2009-AG, Reglamento de Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor. En él se establece la clasificación de las tierras bajo el concepto de capacidad de uso mayor, que se define como la aptitud natural de una superficie geográfica para producir en forma constante, bajo tratamientos continuos y usos específicos. En el reglamento mencionado se establecen cinco grupos: (a) Tierras aptas para cultivo limpio, (b) tierras aptas para cultivo permanente, (c) tierras aptas para pastos, (d) tierras aptas para producción forestal y (e) tierras de protección. Los valores asignados para cada grupo se muestran en la Tabla 63.

La modificación del descriptor tipo de vegetación se realizó en base a la clasificación planteada por Brack (2012), quien dividió al territorio nacional en 11 Ecorregiones (Ver Tabla 55). Para el caso de la cobertura vegetal se mantuvo la clasificación planteada por la metodología EVIAVE.

**Tabla 63: Descriptorios ambientales para el elemento suelo**

Descriptorios ambientales	Cód.	Características	Valor
Usos de suelo	D1	Tierras de protección	1
		Tierras aptas para producción forestal	2
		Tierras aptas para pastos	3
		Tierras aptas para cultivo permanente	4
		Tierras aptas para cultivo limpio	5
Tipo de vegetación	D2	Desierto del Pacífico	1
		Páramo	2
		La Puna y los Altos Andes	
		Serranía Esteparia	3
		Selva Alta	4
		Sabana de Palmeras	
		Bosque Seco Ecuatorial	
Bosque Tropical del Pacífico	5		
Bosque Tropical Amazónico			
Cobertura vegetal	D3	<5%	1
		6-25%	2
		26-50%	3
		51-75%	4
		>75%	5

FUENTE: Elaboración propia

## Descriptorios ambientales para el elemento salud y sociedad

Para el caso del elemento salud y sociedad el descriptor recibe al valor máximo (5) debido al riesgo que representa para la población.

### Categorización final de botadero

En base a la clasificación propuesta por el CONAM y la metodología EVIAVE y con la finalidad estandarizar la clasificación y categorizaciones finales se propone los siguientes niveles de categorización final, tal como se observa en la Tabla 64.

**Tabla 64: Propuesta de categorización final de botaderos**

Total		Categorización de riesgo / Clasificación	Acción a realizar
IMV	CONAM (%)		
$0 \leq \text{IMV} < 5$	0-20	Muy Bajo	Conversión del botadero a Relleno Sanitario
$5 \leq \text{IMV} < 10$	21-40	Bajo	
$10 \leq \text{IMV} < 15$	41-60	Moderado	
$15 \leq \text{IMV} < 20$	61-80	Alto	Clausura de botadero
$20 \leq \text{IMV} \leq 25$	81-100	Muy Alto	

FUENTE: Elaboración propia

El resultado final de las evaluaciones por ambas metodologías se clasificó de acuerdo a la Tabla anterior y la propuesta de la acción correspondiente a tomar.

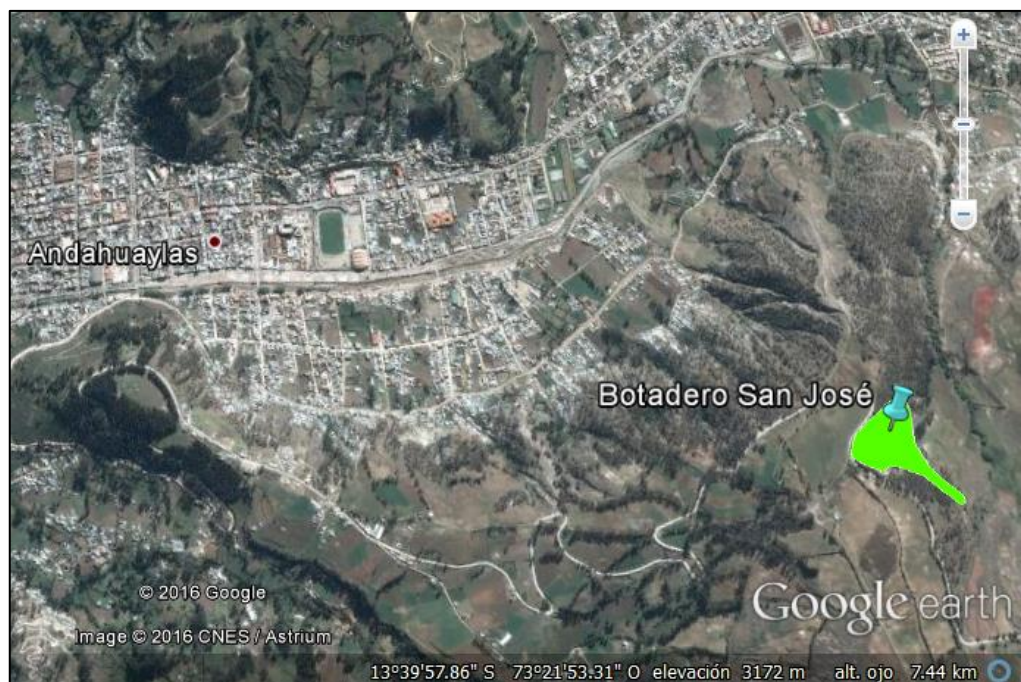
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL BOTADERO “SAN JOSÉ”

#### 4.1.1 Características del botadero

##### Localización

El botadero de San José se encuentra ubicado en la dirección Sur Oeste de la ciudad de Andahuaylas, en el sector denominado Cerro San José en la carretera Andahuaylas - Huancabamba (Ver Figura 8) entre los límites del distrito de Andahuaylas y San Jerónimo. El área de estudio se encuentra dentro de los linderos de la comunidad campesina Unión Chumbao que pertenece al distrito de San Jerónimo. Las coordenadas UTM de ubicación del botadero son: 676875.66 Este y 8488504.65 Norte; a una altitud de 3174 m.s.n.m.



**Figura 8: Ubicación del botadero de “San José” – Andahuaylas**

FUENTE: Google earth



## **Acceso**

Se puede acceder de las siguientes maneras: a) Desde la ciudad de Andahuaylas a través de la carretera que conduce al Aeropuerto de Andahuaylas, recorriendo una distancia de 13 km de la en un tiempo aproximado de 10 min. b) Desde el distrito de San Jerónimo a través de la carretera alterna que conduce al aeropuerto de Andahuaylas. c) Por vía aérea, desde el Aeropuerto de Andahuaylas, a través de la vía que conduce a la ciudad de Andahuaylas.

## **Entorno**

El área de botadero tiene unidades litológicas variables; con una morfología de laderas de montaña de pendientes inclinadas y laderas suaves en la parte baja. La principal fuente de agua superficial más próxima discurre por la quebrada de Lambrashuaycco. El área de tiene un perfil de suelo limo arcilloso con muy poca permeabilidad, muy adecuado para evitar el paso de lixiviados a la napa freática, además no se encuentra acuífero alguno cerca del botadero. El área que ocupa el botadero no presenta riesgos sísmico dado que las intensidades son esperadas son relativamente bajas.

La diversidad de flora en las áreas más próximas del botadero es variable dominada por eucaliptos, especies de pastos e ichu. Asimismo la fauna es variable sin embargo dado que en el botadero se dispone materia orgánica se observa animales vectores de enfermedades como roedores e insectos. Adyacente al botadero existe un área agrícola, aptos para cultivo limpio sin embargo, se ven afectados por la dispersión de los residuos.

La variabilidad de la precipitación influyen en la operación del botadero y su posible impacto sobre el medio dado que en épocas secas se espera que el material particulado y la dispersión de residuos se mayor. En las épocas de lluvias, meses de diciembre-marzo, la generación de lixiviados es mayor y es probable que el medio más impacto sean las aguas superficiales.

## **Calidad de agua, aire, ruido**

En base a los resultados del monitoreo de agua de la quebrada de Lambrashuaycco de se puede inferir que la calidad de agua es buena y la existencia del botadero posiblemente no representaría un riesgo para la población que hace uso de la fuente. Sin embargo cabe indicar que el monitoreo se realizó en época seca, donde el flujo de lixiviados no llega al cauce analizado, por lo tanto es necesario realizar un nuevo monitoreo en época de lluvias.

Los resultados de monitoreo de aire indican que todos parámetros analizados están dentro de los límites establecidos por las normativas referentes a la calidad de aire. Por lo tanto es probable que el funcionamiento del botadero no ocasione impactos, en los parámetros evaluados, en la calidad de aire del área de influencia.

Los resultados del monitoreo de ruido ambiental muestran que el nivel de presión sonora no supera los límites establecidos por los Estándares de Calidad para Ruido en las categorías Comercial e industrial tanto en el horario diurno como nocturno. De acuerdo a estos resultados se puede afirmar que la calidad de lugar en el tema de ruido es el óptimo, por lo que probablemente el botadero no causaría un efecto sobre el ambiente que lo rodea.

En ambos puntos la dirección del viento es contraria a la población más cercana, es decir, va desde la población hacia el botadero, por lo tanto se podría afirmar que no representa un riesgo respecto a los malos olores, transporte del ruido y el transporte de los residuos y respectiva dispersión en la parte baja.

### **Distancia a infraestructuras**

#### **Área Natural Protegida**

El área natural más próxima al botadero es el Santuario Nacional de Ampay, ubicada en el distrito de Tamburco, Provincia de Abancay, cuyo objetivo es la conservación de bosques de Intimpa, la fauna y flora asociada; y la cuenca del Pachachaca.

El área del botadero es adyacente al área del proyecto de Relleno Sanitario para la cual se otorgó la certificación referida de no superposición con un Área Natural Protegida, además los límites del área natural más próxima se encuentra a más de 143 km desde la ciudad de Andahuaylas. Por ello se puede afirmar que el área del botadero no se encuentra dentro de un área Natural Protegida o Zona de Amortiguamiento.

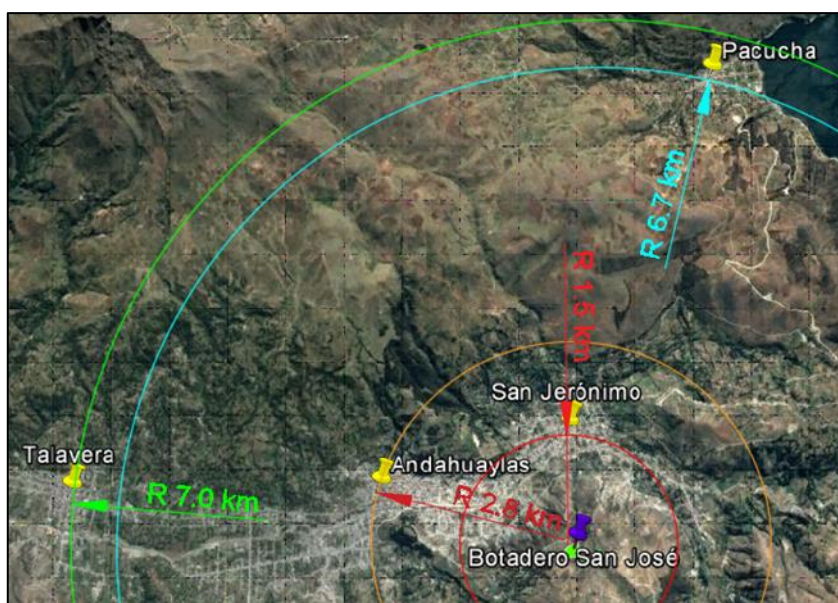
#### **Restos Arqueológicos**

En el área del proyecto de Relleno Sanitario, adyacente al botadero, no existen vestigios arqueológicos en superficie. Por lo tanto se puede afirmar que en el área del botadero tampoco existan vestigios arqueológicos en superficie.

## Núcleos poblados o ciudades

En la Tabla 65 se puede observar la distancia, en carretera, de los distritos de origen de los residuos al botadero de San José.

Tomando como referencia al Botadero los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo, Talavera y Pacucha se ubican a un radio de distancia de 2.8 km, 1.5 km, 7.0 km y 6.7 km respectivamente (Ver Figura 9). Asimismo las viviendas más cercanas son las ubicadas en dirección noroeste (Urbanización Vecinal Pochccota) y norte (Comunidad Campesina Unión Chumbao) del botadero; el primero se encuentra a menos de 600m y el segundo a un radio de distancia de 500m del botadero.



**Figura 9: Distancia de distritos al botadero "San José"**

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 65: Distancia del origen de los residuos al botadero "San José" (en carretera)**

Localidad	Distancia al botadero (Km)
Andahuaylas – Botadero San José	6.21
San Jerónimo – Andahuaylas - Botadero San José	7.83
San Jerónimo – Botadero San José	7.28
Talavera – Andahuaylas - Botadero San José.	10.26
Pacucha – Botadero San José	21.6

FUENTE: Elaboración propia

## Características específicas del botadero

El botadero de San José inició sus operaciones en agosto de 1999 (MPA 2009) con la finalidad de solucionar la disposición final de los residuos de la ciudad de Andahuaylas. Sin embargo las limitaciones en la operación, mantenimiento y la construcción de instalaciones que mitiguen el impacto sobre el medio acabaron que el proyecto termine funcionando como un botadero de cielo abierto.

## Cantidad de Residuos

Los residuos sólidos que disponen el botadero suman una cantidad total de 56.55 toneladas diarias que provienen de las municipalidades de Andahuaylas, San Jerónimo, Talavera y Pacucha. De acuerdo a la Tabla 66, el distrito de Andahuaylas es la principal generadora de residuos sólidos (39.76), seguidos de San Jerónimo, Talavera y Pacucha con 7.67 ton/día, 7.01 ton/día y 2.11 ton/día respectivamente.

Se estima que desde 1999 al 2015 exista en el botadero un aproximado de 150 000 a 200 000 toneladas de residuos sólidos acumulados.

**Tabla 66: Total de Residuos Sólidos Municipales dispuestos en el botadero “San José”**

<b>Distrito de Origen</b>	<b>Total de Residuos Sólidos (Ton/día)</b>
Andahuaylas	39.76
San Jerónimo	7.67
Talavera	7.01
Pacucha	2.11
<b>Total</b>	<b>56.55</b>

FUENTE: Elaboración propia

## Composición

De acuerdo a la revisión de los estudios de caracterización de residuos sólidos vigentes de los distritos de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera; y en el caso de Pacucha por un estudio preliminar se puede observar (Ver Tabla 67) que el residuo con mayor porcentaje es la materia orgánica (54.57%). En porcentajes más pequeños se pueden observar la predominancia de residuos sanitarios (7.49%), residuos inertes (6.36%) y bolsas (6.29%).

**Tabla 67: Composición de Residuos Sólidos dispuestos en el botadero “San José”**

N°	Tipo de Residuo Sólido	Composición porcentual (%)				Composición promedio (%)
		Talavera	Andahuaylas	San Jerónimo	Pacucha	
1	Materia Orgánica	47.09	55.79	59.94	55.48	<b>54.57</b>
2	Madera, Follaje	1.68	2.95	3.89		<b>2.84</b>
3	Papel	2.75	2.27	2.29	3.43	<b>2.68</b>
4	Cartón	3.79	4.18	2.46	2.90	<b>3.33</b>
5	Vidrio	6.66	1.93	1.04	3.43	<b>3.27</b>
6	Plástico PET	3.66	1.78	1.21	5.66	<b>3.08</b>
7	Plástico Duro	4.41	2.06	1.91	2.15	<b>2.63</b>
8	Bolsas	6.68	4.95	7.17	6.35	<b>6.29</b>
9	Cartón Multilaminado de leches y jugos (Tetra Pak)	0.35	0.13	1.11		<b>0.53</b>
10	Tecnopor y similares	0.26	0.65	0.39	0.07	<b>0.34</b>
11	Metal	4.55	2.36	1.97	4.81	<b>3.42</b>
12	Telas, textiles	2.32	1.59	1.53	0.94	<b>1.60</b>
13	Caucho, cuero, jebe	0.48	0.58	0.76		<b>0.61</b>
14	Pilas	0.07	0.07	0.23	0.32	<b>0.17</b>
15	Restos de medicinas, focos, etc.	0.58	0.21	0.27	0.06	<b>0.28</b>
16	Residuos Sanitarios	8.01	10.82	5.27	5.87	<b>7.49</b>
17	Residuos Inertes	6.47	6.26	8.23	4.46	<b>6.36</b>
18	Otros	0.18	1.42	0.32	4.05	<b>1.49</b>

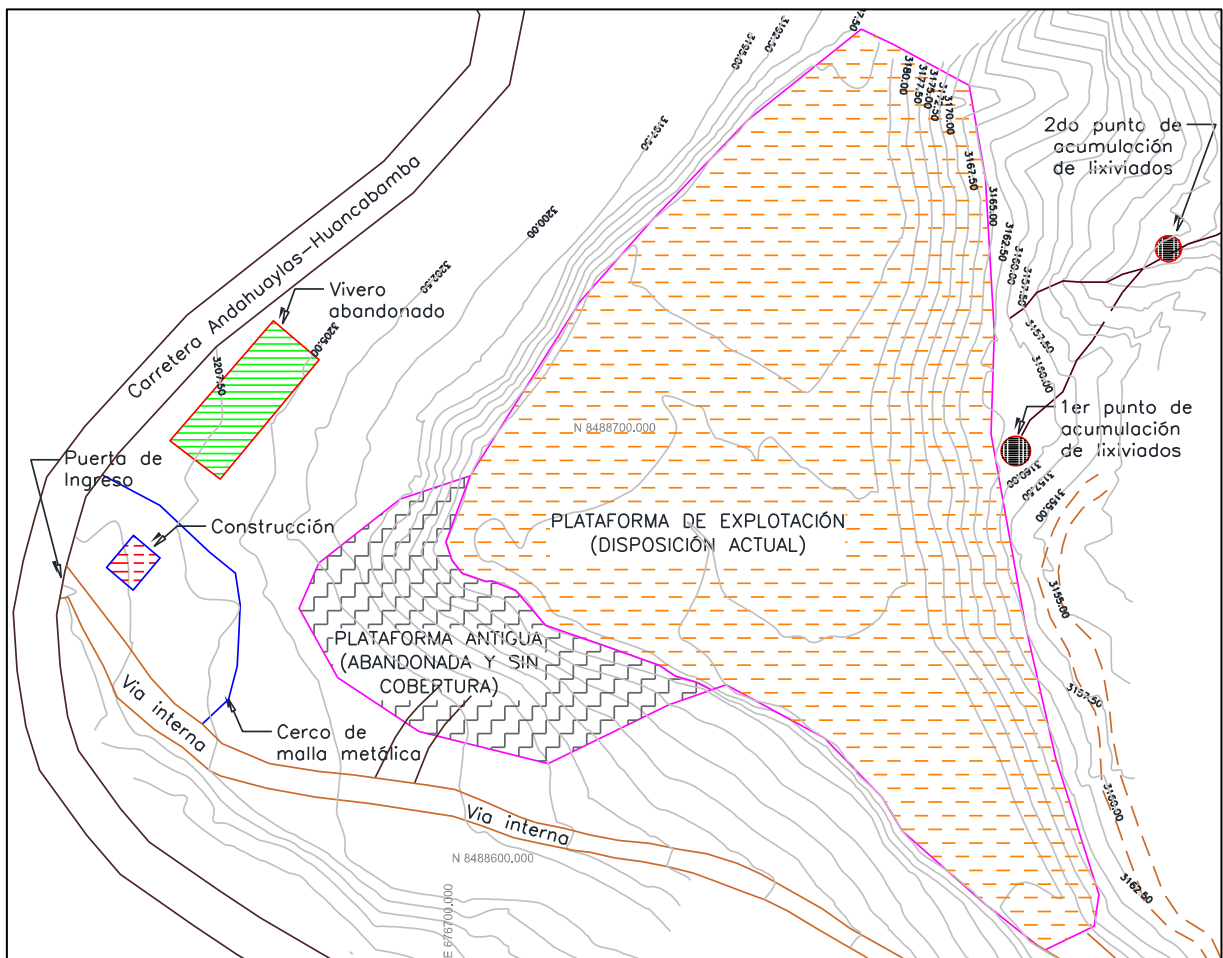
FUENTE: Elaboración Propia

### Infraestructura

El botadero ocupa una extensión total aproximada de 4 has, de las cuales en la actualidad hace uso de un área de 1.5 ha. Cuenta con escasas instalaciones, entre las que se encuentran las siguientes (Ver Figura 10):

- **Vía de tránsito interno.** La vía es afirmada, tiene una extensión de 600 m; a través de esta se puede acceder al área de explotación, punto de disposición de residuos sólidos. En ciertos puntos de la vía existen huecos y desniveles para el tránsito.
- **Edificación.** Junto a la entrada del botadero se cuenta con una edificación de adobe de aproximadamente de 40 m<sup>2</sup>. Esta oficina sería destinada a la vigilancia y control del botadero, en la actualidad funciona como vivienda para los segregadores del botadero.
- **Vivero.** El botadero cuenta con un área que se habría utilizado para la producción de plantas ornamentales y maderables para el cerco perimétrico y la forestación del botadero y del área circundante. El área tiene una extensión de 120 m<sup>2</sup> y esta segmentado en dos plataformas que están dividido en parcelas de 5 m<sup>2</sup>.
- **Puerta de entrada.** Para restringir el acceso al botadero se cuenta con una puerta de alambrado de tipo romboidal con soportes de columnas de concreto. La puerta tiene un ancho aproximado de 5 m y 3 m de alto.

- **Plataforma abandonada.** En el área inicial del botadero se observa una plataforma abandonada sin cobertura que tiene una pendiente muy pronunciada cuya base se encuentra en la plataforma de explotación actual.
- **Plataforma de explotación.** Existe un área de disposición final antigua no recuperada que ya no se usa y es la de mayor pendiente. La otra área de explotación se ubica en la parte baja de botadero, tiene una extensión aproximada de 1 ha. En esta se realiza la descarga y la cobertura de los residuos sólidos, así también los segregadores informales realizan la recuperación de materiales reciclables.



**Figura 10: Distribución de infraestructura actual del botadero "San José"**

FUENTE: Elaboración propia

### Descripción de las operaciones

Las únicas operaciones que se han observado en el botadero se describen a continuación.

#### - **Descarga de residuos**

La operación de descarga de residuos sólidos se realiza en la plataforma de disposición final (explotación), en ella los vehículos, de acuerdo a la disponibilidad de espacio y de manera aleatoria realizan la descarga empírica de los residuos. Cabe indicar que para la operación no existen guías u orientadores que indiquen el lugar adecuado para descargar los residuos.

#### - **Cobertura de residuos**

La cobertura de residuos se realiza cada quince días por las maquinarias de las municipalidades de Andahuaylas, San Jerónimo, Talavera y Pacucha. No existe la supervisión de un ingeniero sanitario o ambiental para el desarrollo de esta operación, así también los operadores no son instruidos o capacitados para llevar a cabo su labor, por lo tanto se lleva a cabo de forma empírica.

El material para la cobertura se extrae con cargadores frontales y/o retroexcavadoras de la colina ubicada al inicio de la plataforma de explotación. Una vez se tenga la cantidad de material suficiente para realizar la cobertura, los cargadores frontales acopian de los residuos dispersos y los confinan. La cobertura se realiza con los cargadores frontales de manera que quede cubierta la totalidad de residuos. El espesor de cobertura de residuos sólidos es de aproximadamente 10 cm.

#### - **Recuperación de materiales**

En casi la totalidad de botaderos del Perú se realiza la recuperación de materiales por parte de segregadores o recicladores. En el botadero de San José también se realiza dicha actividad por 8 segregadores que no se encuentran formalizados. Estas personas trabajan de 8:00 a 5:00 pm de lunes a sábado. De acuerdo a los segregadores, trabajan para una persona, quien les remunera con S/ 30 soles diarios. Los materiales más recuperados son: Plásticos PET, plástico duro, metales. No cuentan con los implementos necesarios para la labor que desarrollan.

#### - **Fumigación**

Las municipalidades de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera tienen un convenio con la Comunidad Campesina Unión Chumbao, en él se indica cada municipalidad realizará la fumigación del botadero cada 15 días de manera rotativa. Se pudo observar que el personal

que realiza la fumigación usa insecticidas agrícolas como: Deltaplus 2.5 EC (Deltrametrina), Regent SC (Fipronil), Sherpa (Cypermetrina).

#### 4.1.2 Análisis de lixiviados

Los resultados del análisis de lixiviados de los dos puntos de monitoreo se muestran en la Tabla 68.

De acuerdo a la Tabla 69 se puede apreciar que la muestra L1 el Arsénico obtuvo un valor de 0.27 mg/L, lo que supera los Límites Máximos Permisibles establecidos por la Normativa Colombiana (Resol. 0631) en el parámetro Arsénico de 0.1 mg/L. Asimismo en la muestra L2 el Aluminio tiene un valor de 6.18 mg/L superando los LMPs de la normativa en referencia que establece un valor de 3mg/L.

La normativa mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 considera a los lixiviados como un residuo peligroso, sin embargo los lixiviados analizados no representan un riesgo ambiental dado que los parámetros de pH, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo y Selenio no superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en la norma.

**Tabla 68: Resultados de análisis de lixiviados del botadero San José**

Parámetro	Unidades	Muestra L1	Muestra L2
pH	Unidades de pH	8.1	7.68
DBO5	mg/L	32.5	86.2
DQO	mg/L	1946.07	1244.18
Al	mg/L	2.35	6.18
As	mg/L	0.27	0.068
Ba	mg/L	0.163	0.613
Cd	mg/L	0.008	0.005
Zn	mg/L	0.599	0.168
Cu	mg/L	0.148	0.021
Cr	mg/L	0.343	0.172
Ni	mg/L	0.224	0.095
Pb	mg/L	0.04	0.02
Se	mg/L	<0.02	<0.02
V	mg/L	0.362	0.34
Fe	mg/L	10.7	31.8

FUENTE: Elaboración propia



**Tabla 69: Comparación de los resultados con los LMPs**

Parámetro	Unidades	Muestra L1	Muestra L2	LMP Resol 0631 Colombia	NOM 052 SEMARNAT México
pH	Unidades de pH	8.1	7.68	6.00 a 9.00	
DBO5	mg/L	32.5	86.2	800	
DQO	mg/L	1946.07	1244.18	2000	
Al	mg/L	2.35	6.18	3	
As	mg/L	0.27	0.068	0.1	5
Ba	mg/L	0.163	0.613	2	100
Cd	mg/L	0.008	0.005	0.05	1
Zn	mg/L	0.599	0.168	3	
Cu	mg/L	0.148	0.021	1	
Cr	mg/L	0.343	0.172	0.5	5
Hg	mg/L			0.01	
Ni	mg/L	0.224	0.095	0.5	
Pb	mg/L	0.04	0.02	0.2	5
Se	mg/L	<0.02	<0.02	0.2	1
V	mg/L	0.362	0.34	1	
Fe	mg/L	10.7	31.8		

FUENTE: Elaboración propia

Al realizar la comparación con diversos estudios sobre análisis de lixiviados llevados a cabo en sitios de disposición final, se puede apreciar que por ejemplo el pH tiende a ser ligeramente básico y en el caso del botadero San José se mantiene en dicha tendencia (Ver Tabla 70).

**Tabla 70: Comparación de los resultados con otros estudios**

Parámetro	Botadero San José Andahuaylas, Perú 2016		Relleno Sanitario Valle del Cauca Colombia 2013	Vertedero Calle 100, La Habana Cuba 2004	Relleno Sanitario no controlado Akaider Jordania 2013	Relleno Sanitario Bordo Poniente Mexico 2011
	Muestra L1	Muestra L2				
pH	8.1	7.68	7.55-8.29	8.10	8.40	
DBO5	32.5	86.2	670-992	902.00		
DQO	1946.07	1244.18	4295-6638	2011.00		
Al	2.35	6.18	<0.644			
As	0.27	0.068		0.23	0.09	
Cd	0.008	0.005	<0.041	0.02	1.23	0.02
Zn	0.599	0.168	0.307-0.406	6.20		
Cu	0.148	0.021		1.40	2.90	
Cr	0.343	0.172		0.12	6.88	0.40
Ni	0.224	0.095	0.287-0.300		2.88	0.50
Pb	0.04	0.02	<0.053	0.71		0.15
Fe	10.7	31.8	5.78			

FUENTE: Elaboración propia

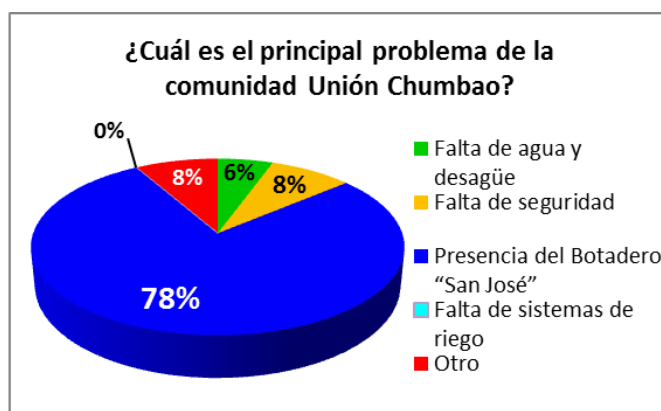
En el caso de DBO5 se aprecia que los valores son muy bajos en comparación con el Relleno Sanitario del Valle del Cauca y el de la Habana. Sin embargo el DQO es casi

similar a vertedero cubano. En el caso de los metales los valores varían en los estudios en referencia, sin embargo hay similitudes en los resultados del presente estudio en los parámetros Arsénico con el Vertedero Calle 100 y Cromo con el de Bordo Poniente.

#### 4.1.3 Encuesta de percepción ambiental

La encuesta se llevó a cabo a los pobladores de la Comunidad Campesina Unión Chumbao el día 08 de julio de 2016. Se encuestó un total de 36 personas con el objetivo de conocer la percepción de la población sobre la problemática que ocasiona la presencia del botadero en las cercanías de su vivienda. A continuación se presentan los resultados más relevantes de la encuesta.

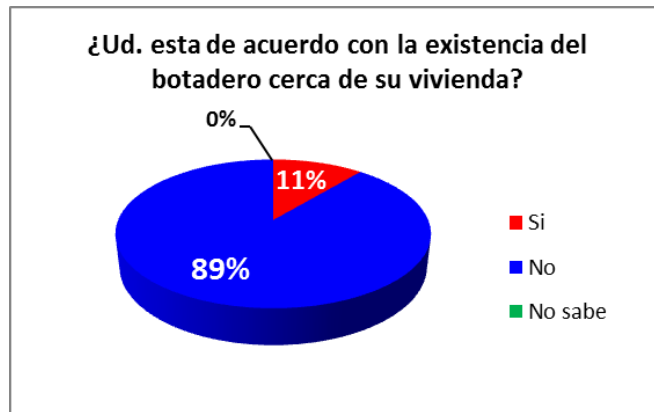
En la Figura 11 anterior se puede apreciar que el 78% de los pobladores de la Comunidad Unión Chumbao perciben que la presencia del botadero “San José” es el principal problema que actualmente enfrentan, relegando necesidades básicas como la falta de agua y desagüe, sistemas de riego y seguridad.



**Figura 11: Problemática de la Comunidad Unión Chumbao**

FUENTE: Elaboración propia

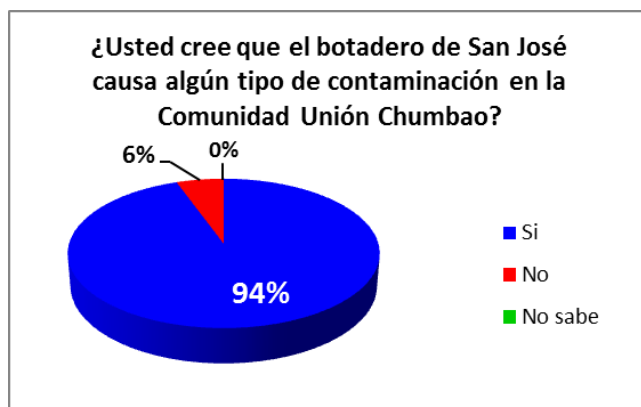
Según la Figura 12 la gran mayoría de los entrevistados (89%) afirma no estar de acuerdo con la existencia del botadero en las proximidades de su vivienda, mientras que una pequeña proporción si está de acuerdo con dicha afirmación.



**Figura 12: Existencia de botadero**

FUENTE: Elaboración propia

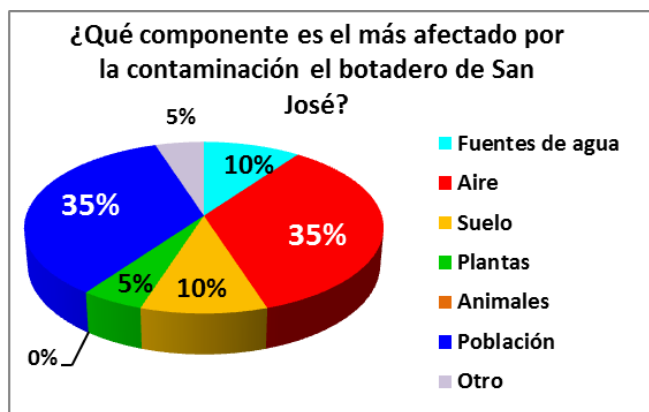
En referencia a los efectos de la existencia del botadero, el 94% de los encuestados señala que el botadero causa algún tipo de contaminación y tan solo un 6% indica que no causa ningún tipo de contaminación, tal como se observa en la Figura 13.



**Figura 13: Botadero como causante de contaminación**

FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 14 los encuestados indican que los componentes más afectados por la contaminación del botadero son la población y el aire, ambas con 35%. Otros componentes afectados son las fuentes de agua (10%), suelo (10%), plantas (5%) y otros (5%).



**Figura 14: Componente afectado por el botadero**

FUENTE: Elaboración propia

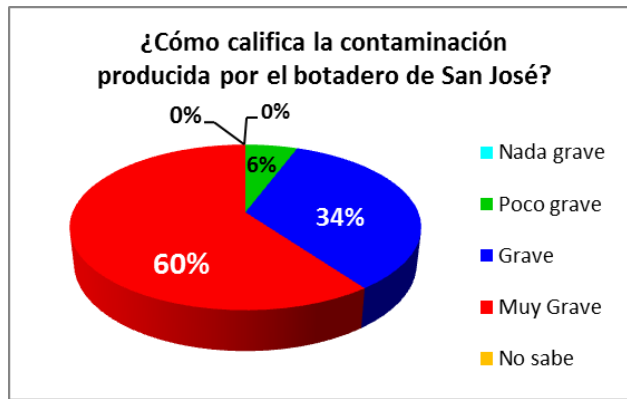
El resultado anterior tiene relación con la Figura 15 donde el 86% de los encuestados señalan que de alguna manera al vivir cerca del botadero su vida se ve afectada, sin embargo el 14% afirma lo contrario.



**Figura 15: Afección de la vida cotidiana por el botadero**

FUENTE: Elaboración propia

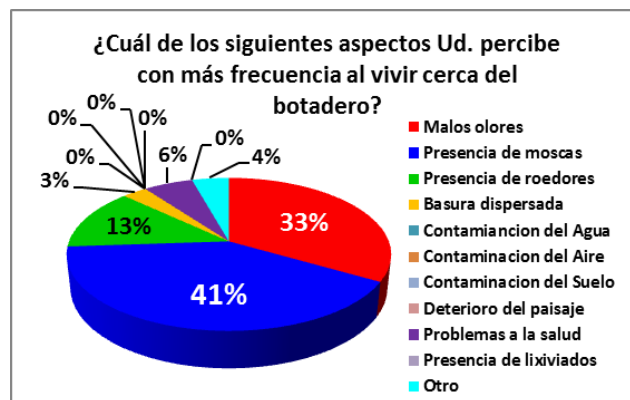
Respecto a la gravedad de la contaminación en la Figura 16 se aprecia que el 60% de los encuestados señalan que la contaminación producida por el botadero es muy grave, el 34% que es grave y tan solo el 6% cree que es poco grave. Sumando ambos porcentajes el 94% de los encuestados señalaría que dicha contaminación es al menos grave.



**Figura 16: Grado de contaminación del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

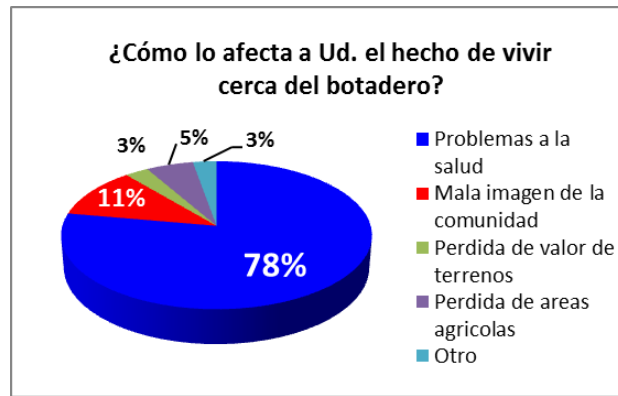
En la Figura 17 se aprecia que los encuestados afirman que los principales aspectos que se presentan al vivir cerca del botadero son la presencia de moscas (41%), malos olores (33%) y la presencia de roedores (13%).



**Figura 17: Aspectos frecuentes del botadero por la cercanía de las viviendas**

FUENTE: Elaboración propia

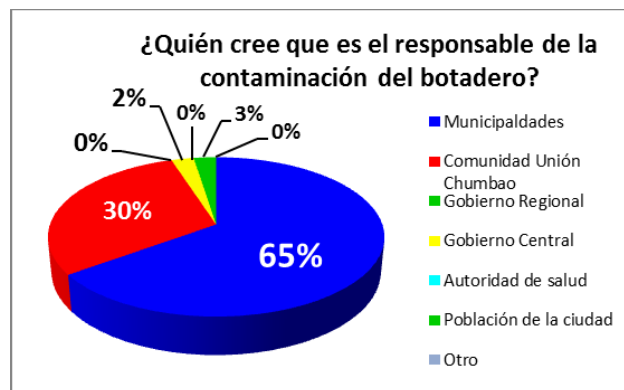
Según la Figura 18, los aspectos mencionados en la Figura anterior tienen su efecto en la población a través de problemas a la salud (78%) y el deterioro de la imagen de la comunidad (11%).



**Figura 18: Modo de afección por vivir cerca del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

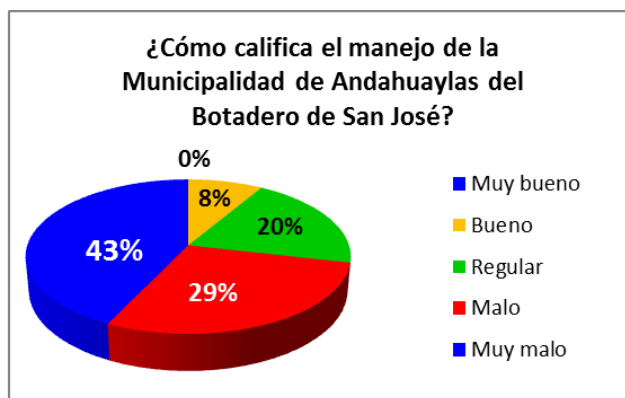
Los dos actores involucrados en la manejo del botadero son las municipalidades distritales y la comunidad Unión Chumbao. Esto es corroborado con la percepción de la población dado que, tal como se muestra en la Figura 19, ambos son señalados como los responsables de la contaminación causada por el botadero, principalmente a las municipalidades (65%) por encima de la comunidad (30%).



**Figura 19: Responsable por la contaminación del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

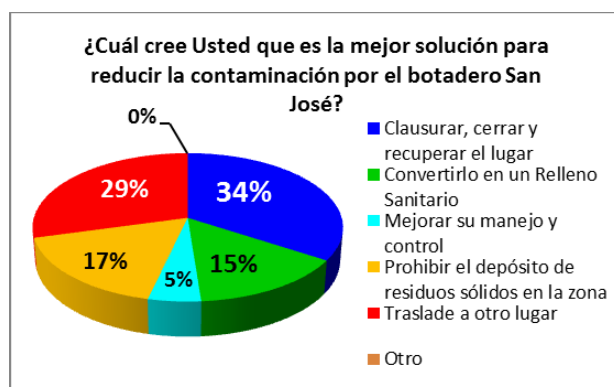
En la Figura 20 se observa que para el 43% de los encuestados el manejo de botadero por parte de la municipalidad de Andahuaylas es “Muy bueno” mientras que el 29% y el 2% lo califica de Malo y Regular respectivamente. Este resultado parece contradictorio, dado que si bien un porcentaje significativo considera entre grave y muy grave la contaminación causado por el botadero una gran proporción señala que su manejo es muy bueno.



**Figura 20: Calificación del manejo del encargado del manejo del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

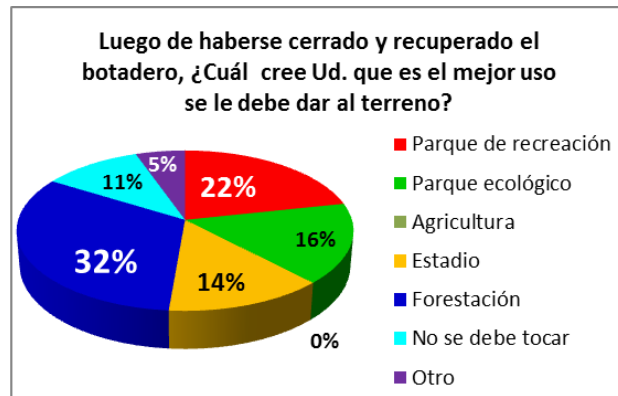
Entre las posibles alternativas de solución planteadas el 34% de ellas indica que se deben clausurar, cerrar y recuperar el lugar; un 29% que se traslade a otro lugar, 17% que se prohíba la disposición de residuos, 15% que se convierta en un relleno sanitario y solo el 5% que se mejore su manejo y control (Ver Figura 21). Este aspecto es muy importante dado que de presentarse proyecto de cierre del botadero la población de la comunidad tiene en mente esta alternativa y posiblemente cuente con su respaldo.



**Figura 21: Posible solución ante problemática del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

Ante la consulta destino final del terreno luego de haberse cerrado y recuperado el lugar del botadero el 32% señala que debe destinarse para forestación; el 38% para un parque ya sea ecológico (22%) o de recreación (16%); el 14% para un estadio y el 11% considera que no se debe tocar (Ver Figura 22). Este dato es fundamental para plantear los proyectos de cierre del botadero a razón de que las medidas específicas se desarrollarán en función al uso final del mismo.



**Figura 22: Posible uso del terreno luego de cierre y recuperación**

FUENTE: Elaboración propia

## 4.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL

### 4.2.1 Metodología CONAM

#### Categorización según la prioridad de clausura

De acuerdo a la Tabla 71 se puede apreciar que el botadero “San José” bajo la metodología CONAM por la prioridad de clausura obtiene un valor de 71.5 de un total de 100, es decir 71.5% y se categoriza como un botadero de “alto riesgo” que corresponde a una acción de clausura.

#### Categorización según los impactos

En la Tabla 72 se puede observar que la evaluación del botadero San José de acuerdo a la Metodología CONAM (según los impactos) se obtuvo un valor de 26.5 de un total de 30, siendo las actividades socioeconómicas y de salud las más impactadas. El valor obtenido en la categorización del botadero corresponde a un valor de 88%, es decir un botadero de alto riesgo, cuya acción inmediata es la clausura.



**Tabla 71: Evaluación del botadero “San José” según la prioridad de clausura**

1. Cantidad de residuos y área que ocupa									
Calidad	Botadero pequeño		Botadero mediano		Botadero grande		Botadero muy grande		
Puntaje	2		5		8		10		
Superficie que abarca	Hasta 0.99 ha.	1	1.0 - 4.9 ha.	1	5.0 a 9.9 ha.	2	10.0 - 30.0 ha. o más	3	
Cantidad diaria de residuos que se arrojan	Hasta 20 Ton./día	1	20 - 50 Ton./día	2	50 - 100 Ton./día	3	más de 100 Ton./día	3	
Cantidad aproximada de residuos acumulados	Hasta 15 000 Ton.	1	Hasta 55 000 Ton.	2	Hasta 600 000 Ton.	3	más de 600 000 Ton.	4	
2. Presencia de residuos peligrosos									
Calidad	Ninguno		Poco		Moderado		Abundante		
Puntaje	0		5		10		15		
Arrojo de residuos hospitalarios	Nulo	0	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños establecimientos de salud	3	Recolectados conjuntamente con residuos domésticos de pequeños y medianos establecimientos de salud	5	Recolectados, transportados y arrojados en el botadero por unidades destinadas exclusivamente a este servicio	8	
Arrojo de residuos industriales	Nulo	0	Cantidad mínima	3	Cantidad moderada	5	Cantidad considerable	8	
3. Tiempo de actividad del botadero									
Calidad	Botadero reciente		Botadero medianamente reciente		Botadero antiguo		Botadero muy antiguo		
Puntaje	2		5		8		10		
Tiempo de actividad del botadero	Hasta 1.9 años		de 2 a 4.9 años		De 5.0 a 9.9 años		más de 10 años		
4. Cercanías a poblados, a viviendas									
Calidad	Favorable		Medianamente favorable		Poco favorable		Desfavorable		
Puntaje	1		7		14		20		
Cercanías a viviendas	Apartado más de 500 m de las viviendas más cercanas		Apartado hasta 500 m de las viviendas más cercanas		Colindantes a viviendas periféricas		Dentro de la población.		
5. Por las características geofísicas de la zona									
Calidad	Favorable		Medianamente favorable		Poco favorable		Desfavorable		
Puntaje	0		2		4		5		
Precipitación pluvial total anual	Muy seco menor 100 mm	0	Seco 100 - 500 mm	1	Moderado 500 - 1500 mm	2	Húmedo más de 1500 mm	2	
Temperatura promedio anual	Frío 0 °C - 11 °C	0	Moderado 12 °C - 18 °C	1	Cálido 19 °C - 24 °C	2	Muy cálido 25 °C - 40 °C	1	
Condiciones geológicas e hidrogeomorfológicas	Estable y no existe curso de agua subterránea en el sitio o está a una profundidad mayor de 10 m.		0				No estable y existe curso de agua subterránea en el sitio a una profundidad menor de 10 m de la superficie		2
6. Aspectos socio económicos y riesgos a la salud									
Calidad	Bajo riesgo		Moderado riesgo		Alto riesgo		Muy alto riesgo		
Puntaje	0		13		27		40		
Actividad de segregación	No existe	0	Mínima	3	Moderada	9	Intensa	10	
Crianza de aves y ganado porcino	No existe	0	Mínima	4	Moderada	9	Intensa	10	
Presencia de vectores	Mínima	0	Poca	3	Abundante	9	Muy abundante	10	
Quema de basura	No existe	0	Quema esporádica	3			Quema indiscriminada	10	
<b>Total: 71.5 / 100</b>									

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 72: Evaluación del botadero “San José” según los impactos**

<b>Impactos Ambientales</b>				
<b>Aspecto</b>		<b>Condición</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Evaluación</b>
Suelo	Área ocupada por los residuos	> 1 ha	1	<b>1</b>
		< 1 ha	0	
	Tipo de residuo	Industrial	1	<b>0</b>
		Municipal	0	
	Incompatibilidad de uso de suelo	Sí	1	<b>1</b>
		No	0	
Presencia de lixiviados	Sí	1	<b>1</b>	
	No	0		
Aire	Presencia de biogás	Sí	1	<b>1</b>
		No	0	
	Quema de residuos	Sí	0.5	<b>0</b>
		No	0	
	Presencia de olores desagradables	Sí	0.5	<b>0.5</b>
No		0		
Agua	Presencia de lixiviados	Sí	2	<b>2</b>
		No	0	
Flora	Daños a la vegetación	Sí	2	<b>2</b>
		No	0	
Fauna	Proliferación de fauna nociva	Sí	1	<b>1</b>
		No	0	
	Alteración de la fauna terrestre o acuática	Sí	1	<b>1</b>
		No	0	
Patrimonio cultural y natural	Cerca o en sitios de patrimonio histórico religioso y turístico	Sí	1	<b>0</b>
		No	0	
	Cerca o en áreas de reserva o protección natural	Sí	1	<b>0</b>
		No	0	
Subtotal			14	<b>10.5</b>
<b>Actividades Socio Económicas y de Salud</b>				
<b>Aspecto</b>		<b>Condición</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Evaluación</b>
Presencia constante de grupos humanos		Sí	4	<b>4</b>
		No	0	
Riesgo a la salud de los grupos humanos que viven en la zona o en los alrededores		Sí	4	<b>4</b>
		No	0	
Riesgo de contaminación de animales de consumo humano		Sí	4	<b>4</b>
		No	0	
Afectación de otras actividades (Socioeconómicas, turísticas, etc.)		Sí	4	<b>4</b>
		No	0	
Subtotal			16	<b>16</b>
<b>Total</b>			30	<b>26.5</b>

FUENTE: Elaboración propia

## **4.2.2 Metodología EVIAVE**

### **4.2.2.1 Valoración de las variables de botadero**

A continuación se detalla la condición de cada una de las variables del botadero.

#### **1. Asentamiento de los residuos**

En el botadero se aprecia que no se cumplen ninguno de los requisitos establecidos por lo que la clasificación que recibe es **muy alto**.

#### **2. Cobertura diaria**

De acuerdo a los estudios de suelos el área de influencia del botadero es de tipo limo arcilloso con permeabilidad de  $k=9.72 \times 10^{-6}$  y  $k=1.6 \times 10^{-5}$ , el porcentaje de finos supera el 65%, por lo que se puede considerar un material adecuado. La frecuencia de la cobertura diaria es quincenal, no se asigna una pendiente a la cobertura y se da al menos dos tongadas por cada capa de residuos dispuesto, por lo que la puesta en obra se clasifica como deficiente. Por lo tanto la clasificación de la cobertura diaria es **regular**.

#### **3. Compactación**

El botadero es considerado un botadero de baja densidad con cobertura debido a que la compactación se realiza como consecuencia del peso de la maquinaria al extender los residuos (aproximadamente 500 kg/m<sup>3</sup>) y la compactación es regular. Por lo tanto la variable compactación es clasificada como **nula**.

#### **4. Cobertura final**

La plataforma de disposición de residuos sólidos aún se encuentra en operación por lo tanto el frente de trabajo aún no está culminado. Sin embargo, existe un frente abandonado que no tiene cobertura final por lo tanto esta variable será considerado como **inexistente**.

#### **5. Control de gases**

El botadero no cuenta con un sistema de drenaje de gases, ni aprovechamiento; por lo tanto esta variable es clasificado como **muy inadecuado**.

## **6. Control de lixiviados**

En el botadero no se observa ningún manejo de los lixiviados por lo tanto esta variable es considerado **nulo**.

## **7. Edad de vertedero**

De acuerdo a la documentación de la Municipalidad de Andahuaylas y los testimonios de los pobladores de la zona el botadero San José tiene una edad aproximada de 20 años. Por lo tanto el botadero es considerado **viejo**.

## **8. Estado de caminos internos**

La vía de tránsito interno del botadero tiene las siguientes características:

- Es afirmada
- Existe drenaje parcial para la evacuación de la escorrentía en ciertos tramos
- No tiene pantallas vegetales en la mayoría del tramo
- No existe limpieza y conservación de la vía

Por lo tanto esta variable es considerada **inadecuada**.

## **9. Impermeabilización del punto de vertido**

No existe una impermeabilización en el fondo del botadero, sin embargo existe una capa natural arcillosa (visto en el diagnóstico del botadero, aspectos hidrogeológicos) que actuaría como protección. Por lo tanto esta variable es considerada **regular**.

## **10. Seguridad**

En el botadero existe una puerta de entrada que está abierta las 24 horas, no cuenta con personal de vigilancia y no existe cerco perimétrico, así que a la instalación pueden acceder libremente personas y animales. No existe supervisión de profesionales o técnicos especializados. Los segregadores que realizan la recuperación de materiales no cuentan con los implementos de seguridad necesarios. La instalación carece de sanitarios para el personal. Por lo tanto esta variable es clasificada como **muy baja**.

## 11. Sistema de drenaje superficial

El sistema de drenaje superficial es considerado como **muy deficiente** dado que existe un sistema de drenaje muy básico que no fue diseñado para las precipitaciones locales pero solo en la parte lateral de la vías de tránsito interno del botadero.

## 12. Talud (Pendiente)

La pendiente en la plataforma abandonada supera el 300%, la plataforma de explotación en uno de sus frentes es mayor a 200% y el otro frente es mayor que 75%. Por ello se considerara mayor que 1.5:1, siendo la clasificación de esta variable **no adecuada**.

## 13. Tamaño de vertedero

La cantidad de residuos municipales depositados en el botadero es de 56.55 ton/día, con lo que se superan más de 50 ton/día, por lo tanto se considera al botadero de **capacidad media**.

## 14. Tipo de residuo

En la fase de campo se pudo observar que los residuos dispuestos en el botadero no reciben un tratamiento previo de segregación, además se registró la presencia de residuos peligrosos e industriales en una cantidad elevada. Asimismo la cantidad de materia orgánica es muy elevada. Por ello esta variable será clasificada con un **poder contaminante muy alto**.

## 15. Vulnerabilidad de las aguas subterráneas

Los estudios de suelo de Fichtner determinaron que no existen acuíferos en el área de estudio, sin embargo existe un flujo subsuperficial (es el agua que luego de la infiltración fluye paralelo a la superficie y que puede aflorar en forma de manantial e incorporarse a la escorrentía superficial). Para la aplicación de la metodología GOD, es necesario el conocimiento del valor del Índice por condición de confinamiento del acuífero y ocurrencia del agua subterránea (G); y dado que no existe acuífero en la categorización adquiere un valor de cero (0) por lo tanto del Índice de Vulnerabilidad (IV) será cero (0). Este resultado confiere a esta variable una clasificación de GOD **muy bajo**.

## **16. Distancia a infraestructuras**

Las infraestructuras más cercanas del botadero son los fuentes de agua para riego (a 200 aproximadamente), áreas agrícolas (adyacente a 20 metros), vías provinciales (adyacente a 30 metros del botadero). Los dos primeros son infraestructuras del tipo I y el último es de tipo II, por lo tanto esta variable es calificada como infraestructuras con afección **muy alta**.

## **17. Distancia a núcleos poblados**

Las poblaciones más cercanas del botadero son la Comunidad Campesina Unión Chumbao y la Urbanización Vecinal Pochccota a menos de 500 y 650m respectivamente. Asimismo la ciudad de San Jerónimo se ubica a 1.5 km. Por lo tanto la variable se califica como **muy baja**.

## **18. Distancia a masa de aguas superficiales**

La masa de agua superficial más cercana del botadero está aproximadamente a 350m, por lo tanto esta variable, al ubicarse en el rango de 300-500m, es clasificado como **media**.

## **19. Erosión**

En el área del botadero se puede observar reguerillos de 15 a 30 cm de profundidad por lo que esta variable es calificada como **media**.

## **20. Fallas**

La falla más cercana se ubica a la falla de Abancay que se ubica a aproximadamente a más de 8 km, por lo tanto esta variable recibe la clasificación de **no existe**.

## **21. Morfología a cauces superficiales**

De acuerdo al mapa de pendientes del INGEMMET las pendientes del botadero superan el 20% por lo tanto se califica como **muy inapropiado**.

## **22. Pluviometría**

De acuerdo a Fichtner la estación meteorológica de Andahuaylas en el periodo 1995-2014 registro un precipitación anual promedio de 707.01 mm/año. Por lo tanto en la escala de clasificación de la variable es catalogada como **media**.

### **23. Punto situado en zona inundable**

De acuerdo al estudio de INGEMMET en la provincia de Andahuaylas el área donde se ubica el botadero no es considerado como zona crítica por peligro geológico e hidrogeológico. Por lo tanto se clasifica esta variable como **muy baja**.

### **24. Riesgo sísmico**

En el mapa de distribución de intensidades sísmicas el área del botadero se encuentra en un área para la cual se esperan Intensidades máximas entre VI y VII en la escala Mercalli. Por ello la variable de riesgo sísmico recibe una clasificación de **bajo**.

### **25. Viento**

De acuerdo a los resultados, en el punto 1 el promedio de velocidades es de 4.83 m/s y las direcciones predominantes son NE y W con 41.67% y 25.5% respectivamente. En el caso del punto 2 el promedio de velocidades es de 4.79 m/s y las direcciones predominantes también son similares al punto anterior, NE y W con 50% y 37.5% respectivamente.

La ubicación de la población más cercana es en dirección de donde viene el viento, así que se puede calificar a la variable como una zona idónea de ubicación respecto del viento. Sin embargo en las encuestas realizadas, la población cercana al botadero señala que horas de la tarde y la noche la dirección del viento cambia, sintiéndose los malos olores en la población. Por lo tanto esta variable sería de **baja idoneidad con respecto a la dirección del viento**.

### **26. Visibilidad**

El botadero es visible desde la ciudad de San Jerónimo, que está ubicado a menos de 2 km y se puede visibilizar desde la carretera hacia el aeropuerto. Por lo tanto la condición para esta variable es **media**.

En la Tabla 73 se aprecia el resumen de las variables del botadero de San José y su correspondiente clasificación y puntuación.

**Tabla 73: Resumen de clasificación de la variable**

N°	Variable	Condición	Clasificación	Puntuación	Descripción
1	Asentamiento de residuos	Muy Alto	Muy Alta	5	Se cumple solo una o ninguna de c, d, e y f independientemente del cumplimiento de a y b.
2	Cobertura diaria	Regular	Media	3	Material adecuado + PO deficiente(No satisfactorio) Material poco adecuado + PO satisfactoria Material no adecuado + PO satisfactoria
3	Compactación	Nula	Muy Alta	5	Vertedero de media densidad + Explotación deficiente Vertedero de baja densidad + Explotación regular Vertedero no tiene compactación alguna
4	Cobertura final	Inexistente	Muy Alta	5	No existe capa de cobertura final
5	Control de gases	Nulo	Muy Alta	5	No existe control de gases; no hay aprovechamiento, ni mediciones.
6	Control de lixiviados	Nulo	Muy Alta	5	No hay control de drenaje, almacenamiento y tratamiento de lixiviados
7	Edad de vertedero	Viejo	Baja	2	15 - 20 años
8	Estado de caminos internos	Inadecuado	Muy Alta	5	No cumple con ninguna de las condiciones establecidas en el correcto diseño y explotación de los caminos internos
9	Impermeabilización del punto de vertido	Regular	Media	3	La impermeabilización natural en el vaso y en los laterales está en buen estado, pero no la impermeabilización artificial por que presenta desperfectos.
10	Seguridad	Muy Baja	Muy Alta	5	Si no se cumple cuatro o más de las condiciones establecidas. Presencia de animales de consumo humano
11	Sistema de drenaje superficial	Muy Deficiente	Muy Alta	5	No existe sistema de drenaje superficial
12	Talud	No Adecuado	Muy Alta	5	Pendiente > 1.5:1
13	Tamaño de vertedero	Capacidad Media	Media	3	50-100 ton/año
14	Tipo de residuo	Poder Contaminante Muy Alto	Muy Alta	5	Presencia cantidad elevada de residuos peligrosos (Residuos de establecimientos de salud e industriales). Presencia de porcentaje muy elevado medio de materia orgánica ( Porcentaje muy bajo de separación en la fuente de generación o en el interior del relleno/botadero)
15	Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	GOD Muy Baja	Muy Baja	1	IV < 0,1
16	Distancia a infraestructuras	Infraestructuras con afección muy alta	Muy Alta	5	Cuando no se cumplen las distancias mínimas de referencia para dos o más de las infraestructuras del tipo I, independientemente de numero de afectadas del tipo II.
17	Distancia a núcleos poblados	Muy Baja	Muy Alta	5	Existe un núcleo urbano, con alta densidad de población a menos de 3 km
18	Distancia a masa de aguas superficiales	Baja	Alta	4	50 < DMAS < 300 m
19	Erosión	Media	Media	3	Existen numerosos y pequeños regueros de 15 a 30 cm de profundidad
20	Fallas	No existe	Muy Baja	1	Cuando no existen fallas o están ubicadas a más de 60 m del vaso de vertido y fuera del perímetro del relleno/botadero
21	Morfología a cauces superficiales	Inapropiada	Alta	4	Pendiente recomendada entre 1 y 20% . Suelos con elevado potencial de escorrentía. Pendiente inferior al 1% o superior al 20% y suelos con baja velocidad de infiltración
22	Pluviometría	Media	Media	3	600 < Precipitación ≤ 1200 mm
23	Punto situado en zona inundable	Baja	Baja	2	Si las crecidas son raras pero probables
24	Riesgo sísmico	Baja	Baja	2	Si se clasifica entre VI y VII o entre 0,04 y 0,8g
25	Viento	Zona de baja idoneidad con respecto del viento	Alta	4	Si la suma de las características dirección e intensidad de viento es 7 u 8
26	Visibilidad	Media	Media	3	El botadero/relleno es visible desde zonas urbanas de 1000 a 2000m y/o desde carreteras principales a una distancia menor a 500m

FUENTE: Elaboración propia



En la Tabla 74 se aprecia ponderación de las variables del botadero por cada elemento del medio.

**Tabla 74: Clasificación y Ponderación**

Tipo	Nº	Variable	Clasificación (C)	Ponderación ( P )				
				Agua superficial	Agua subterránea	Atmósfera	Suelo	Salud y sociedad
Diseño y Explotación	1	Asentamiento de residuos	5	1	1	1	2	1
	2	Cobertura diaria	3	2	2	2	2	2
	3	Compactación	5	2	2	2	2	2
	4	Cobertura final	5	2	2	2	2	2
	5	Control de gases	5	0	1	2	1	1
	6	Control de lixiviados	5	2	2	0	2	2
	7	Edad de vertedero	2	1	1	1	1	1
	8	Estado de caminos internos	5	1	0	1	1	1
	9	Impermeabilización del punto de vertido	3	2	2	0	1	0
	10	Seguridad	5	0	0	0	0	2
	11	Sistema de drenaje superficial	5	2	2	0	0	0
	12	Talud	5	1	1	1	2	1
	13	Tamaño de vertedero	3	2	2	2	2	2
	14	Tipo de residuo	5	2	2	2	2	2
Ubicación	15	Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	1	0	2	0	0	0
	16	Distancia a infraestructuras	5	0	0	0	0	2
	17	Distancia a núcleos poblados	5	0	0	0	0	2
	18	Distancia a masa de aguas superficiales	4	2	0	0	0	0
	19	Erosión	3	0	0	0	2	0
	20	Fallas	1	0	1	0	0	0
	21	Morfología a cauces superficiales	4	2	0	0	0	0
	22	Pluviometría	3	2	2	2	2	2
	23	Punto situado en zona inundable	2	2	2	0	2	0
	24	Riesgo sísmico	2	1	1	1	1	1
	25	Viento	4	1	0	2	1	1
	26	Visibilidad	3	0	0	0	0	2

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.2.2.2 Índice de Riesgo de Contaminación

A continuación (Ver Tabla 75) se muestran los resultados de la determinación del Índice de Riesgo de la Contaminación para cada variable del botadero de San José.

**Tabla 75: Determinación de la IRCj**

Tipo	N°	Variable	IRC = CxP				
			Agua superficial	Agua subterránea	Atmósfera	Suelo	Salud y sociedad
Diseño y Explotación	1	Asentamiento de residuos	5	5	5	10	5
	2	Cobertura diaria	6	6	6	6	6
	3	Compactación	10	10	10	10	10
	4	Cobertura final	10	10	10	10	10
	5	Control de gases	0	5	10	5	5
	6	Control de lixiviados	10	10	0	10	10
	7	Edad de vertedero	2	2	2	2	2
	8	Estado de caminos internos	5	0	5	5	5
	9	Impermeabilización del punto de vertido	6	6	0	3	0
	10	Seguridad	0	0	0	0	10
	11	Sistema de drenaje superficial	10	10	0	0	0
	12	Talud	5	5	5	10	5
	13	Tamaño de vertedero	6	6	6	6	6
	14	Tipo de residuo	10	10	10	10	10
Ubicación	15	Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	0	2	0	0	0
	16	Distancia a infraestructuras	0	0	0	0	10
	17	Distancia a núcleos poblados	0	0	0	0	10
	18	Distancia a masa de aguas superficiales	8	0	0	0	0
	19	Erosión	0	0	0	6	0
	20	Fallas	0	1	0	0	0
	21	Morfología a cauces superficiales	8	0	0	0	0
	22	Pluviometría	6	6	6	6	6
	23	Punto situado en zona inundable	4	4	0	4	0
	24	Riesgo sísmico	2	2	2	2	2
	25	Viento	4	0	8	4	4
	26	Visibilidad	0	0	0	0	6

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.2.2.3 Probabilidad de Contaminación

En la Tabla 76 se aprecia los resultados de la probabilidad de contaminación para cada uno de los elementos del medio, así como las probabilidades relacionado con el diseño y operación del botadero; y su ubicación.

**Tabla 76: Determinación de la Probabilidad de Contaminación**

Elementos del medio	Pbc		Pbc o		Pbc u	
	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Aguas superficiales	0.73	Alta	0.81	Muy Alta	0.55	Media
Aguas subterráneas	0.64	Alta	0.81	Muy Alta	0.22	Baja
Atmósfera	0.76	Alta	0.83	Muy Alta	0.55	Media
Suelo	0.72	Alta	0.84	Muy Alta	0.44	Media
Salud y Sociedad	0.80	Muy Alta	0.86	Muy Alta	0.70	Alta

FUENTE: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados la probabilidad de contaminación para el elemento salud y sociedad es “Muy Alta” (0.80) y para el resto de elementos es “Alta”. La probabilidad de contaminación debido al diseño y operación del botadero tiene la máxima calificación “Muy Alta” para todos los elementos del medio. Mientras que la probabilidad de contaminación debido a la ubicación del botadero tiene calificación variada desde “Baja” para las aguas subterráneas y “Alta” para el elemento salud y sociedad. Por lo tanto la Probabilidad de Contaminación de las variables del botadero “San José” sobre los elementos del medio se debe principalmente al diseño y la operación del mismo.

#### **4.2.2.4 Valoración de los descriptores ambientales**

En la Tabla 77 se muestran los resultados de la valoración de los descriptores ambientales de cada elemento del medio. Se puede apreciar que los descriptores de los elementos salud y sociedad; y Atmósfera tiene la máxima puntuación. Los elementos aguas superficiales y suelo tiene la misma puntuación; finalmente la puntuación más baja la tiene el elemento aguas subterráneas.

**Tabla 77: Determinación del valor de los descriptores ambientales**

Elementos del medio	Descriptores ambientales	Características	Valor	Valor promedio	
Aguas superficiales	A1	Usos de agua	Agricultura, acuicultura y pesquería	4	3.67
	A2	Tipo de curso de agua superficial	Rios de 1er y 2do orden (Riego de vegetales y bebida de animales)	3	
	A3	Calidad de aguas superficiales	Aguas en buen estado	4	
Aguas subterráneas	B1	Usos de agua	Otros usos	1	3
	B2	Calidad de aguas subterráneas	Aguas en muy buen estado: Cloruros <25mg/l y Nitratos <25mg/l	5	
Atmosfera	C1	Calidad de aire	Calidad del aire buena	5	5
Suelo	D1	Usos de suelo	Tierras aptas para cultivo limpio	5	3.67
	D2	Tipo de Vegetación	Serranía Esteparia	3	
	D3	Cobertura vegetal	26-50%	3	
Salud y Sociedad			5	5	

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.2.2.5 Índice de Riesgo Ambiental

A continuación, en la Tabla 78, se presenta los resultados de la determinación del Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio. En él se puede observar que el elemento salud y sociedad tiene el mayor valor calificándose como “Muy Alto, seguido de la atmosfera con una clasificado como “Alto y las aguas superficiales con una calificación de “Medio”. Este orden se debe a que sus valores de probabilidad de contaminación y valor ambiental también son altos por lo tanto sus Índice de Riesgo Ambiental también lo será.

**Tabla 78: Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio**

Elementos del medio	IRA	
	Valor	Clasificación
Aguas superficiales	2.66	Medio
Aguas subterráneas	1.93	Bajo
Atmósfera	3.81	Alto
Suelo	2.65	Medio
Salud y Sociedad	4.01	Muy Alto

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.2.2.6 Índice de Interacción Medio Vertedero

El Índice de Interacción Medio Vertedero o índice de impacto resultante para el botadero “San José” es de 15.06 clasificándose como un botadero de Alto impacto (Ver Tabla 79).

**Tabla 79: Determinación del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV)**

Elementos del medio	IRA		IMV	
	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Aguas superficiales	2.66	Medio	15.06	Alto
Aguas subterráneas	1.93	Bajo		
Atmósfera	3.81	Alto		
Suelo	2.65	Medio		
Salud y Sociedad	4.01	Muy Alto		

FUENTE: Elaboración propia

Al ser las variables del botadero relacionadas a su diseño y operación las responsables de la mayor probabilidad de contaminación sobre la totalidad de elementos del medio, respecto de las variables relacionadas su ubicación. El enfoque para mejorar la gestión del botadero radica en el control de dichas variables. Sin embargo el impacto global del vertedero sobre el medio es alto siendo una alternativa para la mitigación de impactos el cierre de la instalación.

#### **Calificación final del botadero “San José”**

En la Tabla 80, se puede apreciar un resumen de los resultados de la evaluación del botadero “San José” bajo las tres metodologías utilizadas. El puntaje total obtenido varía de acuerdo a la metodología, siendo la más alta la obtenida por la metodología por impactos (88%) y la más baja por la metodología EVIAVE (60.24%). En la categorización final coinciden las metodologías EVIAVE y CONAM por prioridad de clausura, que asignan la categoría de botadero de “alto riesgo e impacto”. Mientras que la metodología CONAM por impactos categoriza al botadero como de “muy alto riesgo”. Finalmente las tres metodologías coinciden en que la acción a realizar es la clausura inmediata del botadero.

**Tabla 80: Categorización del botadero “San José” por metodología de evaluación**

<b>Metodología</b>	<b>Total</b>	<b>Categorización de riesgo / Clasificación</b>	<b>Acción a realizar</b>
EVIAVE (IMV)	15.06 (60.24%)	Alto	Clausura de botadero
CONAM por prioridad de clausura (%)	71.85%	Alto	
CONAM por impactos (%)	88%	Muy Alto	

FUENTE: Elaboración propia

### **4.2.3 Priorización de medidas de acción**

Con la finalidad de plantear las medidas de acción concretas que comprenden el cierre del botadero y lograr mitigar los impactos ambientales ocasionados por su operación y ubicación; se evaluó los resultados de los Índices de Riesgo de Contaminación (IRC) para cada variable, bajo la metodología Pareto (Ver Figura 23). Por lo tanto las variables priorizadas, sobre las que se actuaran, se muestran resaltadas en la Tabla 81.

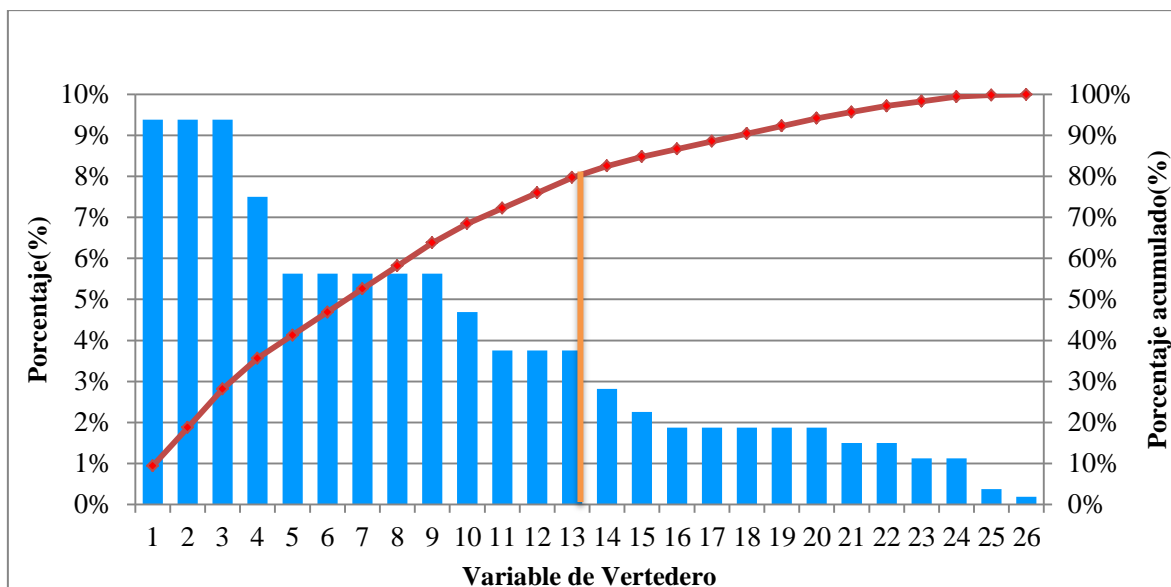
Se puede observar que de las 13 variables priorizadas, la mayoría está relacionada a operación y diseño del botadero, mientras que tan solo las variables Pluviometría y Viento están relacionadas a la ubicación del botadero. Por tanto el plan de cierre se enfocará y orientará en el planteamiento de acciones, actividades y estrategias para mitigar los impactos ambientales causados por los siguientes variables: Compactación, cobertura final, tipo de residuo, control de lixiviados, asentamiento de residuos, cobertura diaria, talud, tamaño de vertedero, control de gases, estado de caminos internos y sistema de drenaje superficial.

**Tabla 81: Priorización actuación sobre variables de botadero**

N°	Variable	Sumatoria de IRC	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Compactación	50	9.38%	9.38%
2	Cobertura final	50	9.38%	18.76%
3	Tipo de residuo	50	9.38%	28.14%
4	Control de lixiviados	40	7.50%	35.65%
5	Asentamiento de residuos	30	5.63%	41.28%
6	Cobertura diaria	30	5.63%	46.90%
7	Talud	30	5.63%	52.53%
8	Tamaño de vertedero	30	5.63%	58.16%
9	Pluviometría	30	5.63%	63.79%
10	Control de gases	25	4.69%	68.48%
11	Estado de caminos internos	20	3.75%	72.23%
12	Sistema de drenaje superficial	20	3.75%	75.98%
13	Viento	20	3.75%	79.74%
14	Impermeabilización del punto de vertido	15	2.81%	82.55%
15	Punto situado en zona inundable	12	2.25%	84.80%
16	Edad de vertedero	10	1.88%	86.68%
17	Seguridad	10	1.88%	88.56%
18	Distancia a infraestructuras	10	1.88%	90.43%
19	Distancia a núcleos poblados	10	1.88%	92.31%
20	Riesgo sísmico	10	1.88%	94.18%
21	Distancia a masa de aguas superficiales	8	1.50%	95.68%
22	Morfología a cauces superficiales	8	1.50%	97.19%
23	Erosión	6	1.13%	98.31%
24	Visibilidad	6	1.13%	99.44%
25	Vulnerabilidad de las aguas subterráneas	2	0.38%	99.81%
26	Fallas	1	0.19%	100.00%
<b>Total</b>		<b>533</b>	<b>100.0%</b>	

FUENTE: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que tres elementos más impactados por las variables del vertedero son la salud y sociedad; las aguas superficiales y atmosfera. Por lo tanto las medidas de mitigación y recuperación se enfocaran en las variables de vertedero priorizadas y los elementos del medio más impactados.



**Figura 23: Diagrama de Pareto de variables de botadero**

FUENTE: Elaboración propia

### 4.3 PROPUESTA DE PLAN DE CIERRE Y RECUPERACIÓN AMBIENTAL

#### 4.3.1 Objetivo general

Recuperar el área ocupada por el botadero de residuos municipales “San José ubicado en la provincia de Andahuaylas, región Apurímac; y mitigar los efectos negativos sobre el ambiente, seguridad y salud de la población causados por su operación y ubicación, a través de la formulación de un Plan de cierre y recuperación del área.

#### 4.3.2 Objetivos específicos

##### Objetivo de estabilización de taludes

- Asegurar un componente estable a fin de garantizar la estabilización física o estructural del conjunto formado por el material de cobertura y la masa de residuos; su integración al paisaje; asimismo reduzca el peligro de deslizamientos, derrumbes, y erosión que pueda afectar la seguridad, salud y el ambiente.

##### Objetivo de la compactación final

- Disminuir el volumen ocupado por los residuos disponiendo en la menor área posible; disminuir los efectos generados por la subsidencia; dar estabilidad para las actividades que se llevaran a cabo en la superficie; evitar la movilidad del agua a través de la masa de residuos.



### **Objetivo de la cobertura final**

- Dotar a la infraestructura protección para prevenir erosión de la superficie; evitar el contacto del agua con la masa de residuos a través de la infiltración de aguas pluviales o superficiales en la masa; evitar el contacto de animales e insectos con la masa de residuos que permitan su proliferación, dar soporte a la vegetación que se coloque para mejorar la estética del lugar.

### **Objetivo del manejo de lixiviados**

- Reducir el efecto sobre el ambiente causado por la descarga directa de lixiviados a los cuerpos de agua y suelo a través de la implementación de canales de recolección de lixiviados.

### **Objetivo del manejo de gases**

- Reducir el efecto global y local de las emisiones de gases generados en el botadero por la descomposición de residuos orgánicos a través de la implantación de un sistema de extracción y quema de gases.

### **Objetivo del drenaje de aguas superficiales**

- Reducir el efecto negativo sobre el ambiente causado por la infiltración de las aguas superficiales y pluviales en la masa de residuos, a través de la implementación de un sistema de derivación y recolección de aguas.

## **4.3.3 Actividades previas**

### **Comunicación a la población**

Antes del inicio de las acciones a implementar para el cierre del botadero, se informara a la población del área de influencia del botadero de la siguiente manera:

- Comunicación oral y escrita a través de medios de comunicación local; y en las asambleas de la comunidad.
- Paneles informativos en la puerta de entrada (al lado de la vía Andahuaylas-Huancabamba)

### **Educación y sensibilización**

Se informará a la población de los detalles y alcances del proceso de cierre del botadero, así también se educará y sensibilizará sobre la importancia del manejo integral de los residuos sólidos, fundamentalmente a instituciones educativas, instituciones públicas y privadas; y población en general, específicamente en dos temas:

- Educación y sensibilización en la importancia del manejo de residuos sólidos y su impacto en el ambiente, seguridad y salud de la población.
- Prohibición de disposición final ilegal en vías públicas. Con el cierre del botadero se pretende dar fin a las disposiciones ilegales de residuos sólidos municipales, por lo tanto para prevenir dicha actividad se realizará una campaña de promoción para la disposición final de residuos en el nuevo relleno sanitario e informar a la población en general sobre las prohibiciones, sanciones y multas a aplicar.

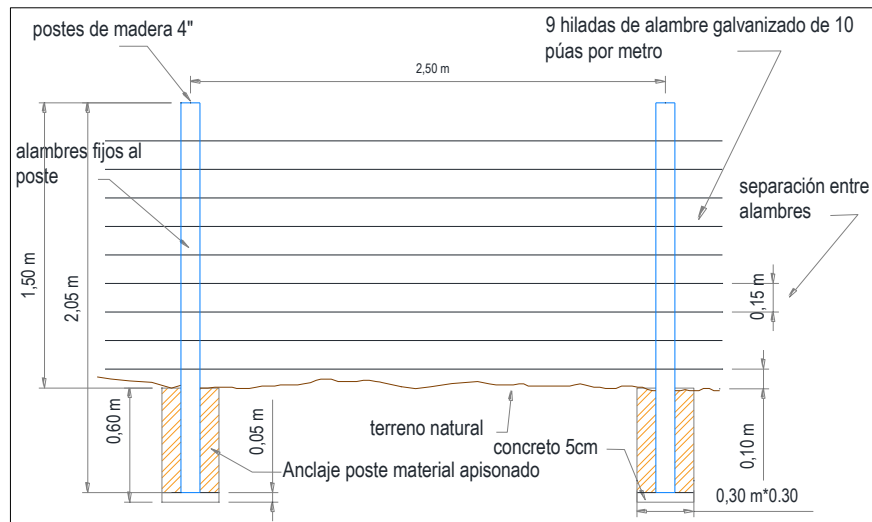
### **Seguridad**

Con el objetivo de garantizar la seguridad de la población y de la fauna circundante evitando el ingreso de las personas, animales y vehículos al área de intervención, se implementarán las siguientes infraestructuras:

- Cerco perimétrico que consta de postes de madera y alambrado galvanizado con púas (Ver Figura 24 y Figura 31).
- Se mejorara caseta de vigilancia existente, que estará dotado de un personal para el control acceso al área durante el proceso de cierre del botadero.

### **Control de Roedores e insectos**

Luego del cierre los roedores e insectos, presentes en el botadero, tienden a desplazarse a las población más cercana en busca de alimento, por lo tanto para evitar dicha ello se realizará un programa de fumigación y eliminación de roedores.



**Figura 24: Cerco perimétrico de protección**

FUENTE: Elaboración propia

### Formalización de segregadores de residuos

Durante la etapa de diagnóstico se logró identificar a 6 segregadores laborando en el botadero quienes se verían afectados por su cierre. Por lo tanto se plantean las siguientes alternativas:

- Su inclusión y formalización en los programas de segregación en la fuente de los distritos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo.
- Su inclusión como operarios en la planta de segregación de residuos del futuro relleno sanitario y/o como operadores para la operación y mantenimiento del relleno sanitario.
- Apoyo en cursos cortos de capacitación en oficios diferentes a su labor actual

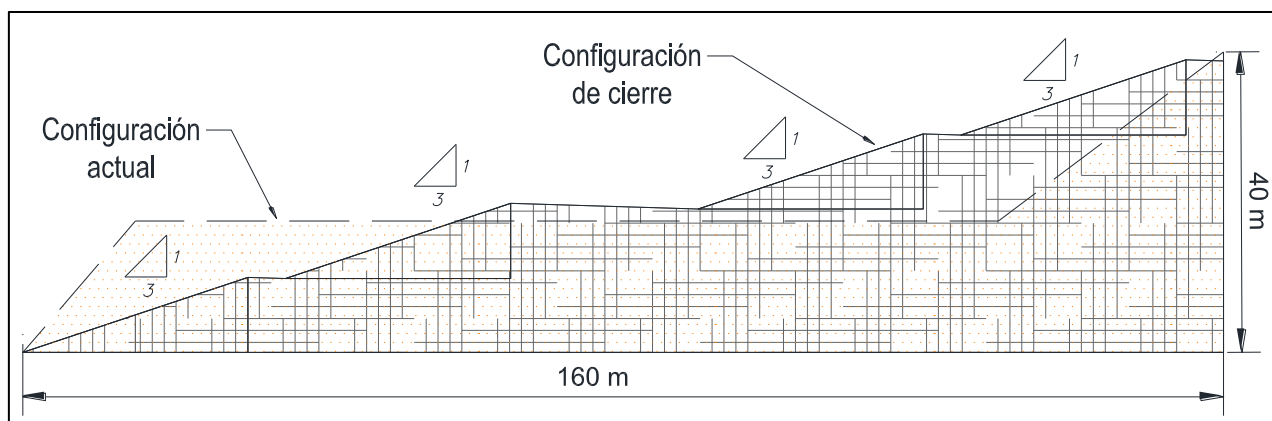
#### 4.3.4 Actividades de cierre

El uso final del terreno es un factor determinante para el diseño de las actividades de cierre y recuperación del lugar. En la encuesta de percepción ambiental, la población de la comunidad de Unión Chumbao, que es la propietaria del terreno, en un porcentaje significativo señala que el uso final del terreno recuperado debe ser para forestación. Por lo tanto las actividades que se plantean a continuación estarán en función al objetivo general a cumplir y la opinión de la población próxima al lugar.

## 1. Estabilización de taludes

Al 2015, se estima que en el botadero se tendría almacenado 180 000 ton de residuos sólidos y un volumen de 360 000 m<sup>3</sup>. Dada la configuración de la topografía natural del entorno y con el objetivo de realizar la integración al paisaje se realizará la reconfiguración de los taludes existentes en el botadero, conformando cuatro (4) plataformas cuyas superficies de la cobertura final tendrán una pendiente de 3% (UNEP 2005) y las inclinadas tendrán un pendiente de 1/3. El talud recomendado proporcionará a las plataformas un mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra y mejor contención y estabilidad del botadero (MINAM 2011).

En la configuración actual del botadero se observan dos plataformas de residuos con taludes de pendientes muy pronunciadas (mayores al 100%). Por lo que ambas pendientes se suavizaran, extrayendo parte del material de ambas plataformas para adicionar a otras dos plataformas tal como en la Figura 25.



**Figura 25: Conformación de cuatro plataformas**

FUENTE: Elaboración propia

La plataforma cuatro (4), la más alta, tendrá una configuración con una superficie de la cobertura final de 3% hacia el exterior y un talud de 1/3. Las plataformas 2, 3 y 4 tendrán una pendiente de 3% hacia el interior y talud de 1/3 tal como se muestra en la Figura 29 y distribución final la Figura 31. La inclinación hacia el interior posibilitará el flujo de las aguas pluviales hacia el interior donde se colectarán y serán conducidas fuera de las plataformas a fin de evitar su infiltración en la masa de residuos y reducir la generación de lixiviados.

## **2. Compactación final de residuos**

La finalidad de la compactación de residuos es la de reducir la cantidad de aire acumulada en las capas de residuos y prevenir los espacios vacíos que reducen la estabilidad que pueden provocar un colapso (MINAM 2011).

La inadecuada compactación de los residuos se puede apreciar en la formación de grietas en la superficie de la cobertura final, tal como se observó en el botadero “San José”.

Por lo tanto al realizar la conformación de las plataformas de estabilización de taludes se procederá también a compactar los residuos. Al descargar los residuos en el lugar de conformación de la celda, se esparcirá los residuos formando capas delgadas de 0.30 espesor, luego serán compactadas por el peso del tractor con 4 pasadas por encima de los residuos como mínimo. Se continuara el mismo procedimiento hasta conformar una celda de altura máxima de 2 m. La compactación alcanzará una densidad en el rango de 0.6-0.7 ton/m<sup>3</sup>, debido a que densidades menores a él pueden incrementar el riesgo de incendios en el botadero (ISWA 2010). Posteriormente la celda será cubierta con una capa de arcilla compactada de 0.15 m de espesor.

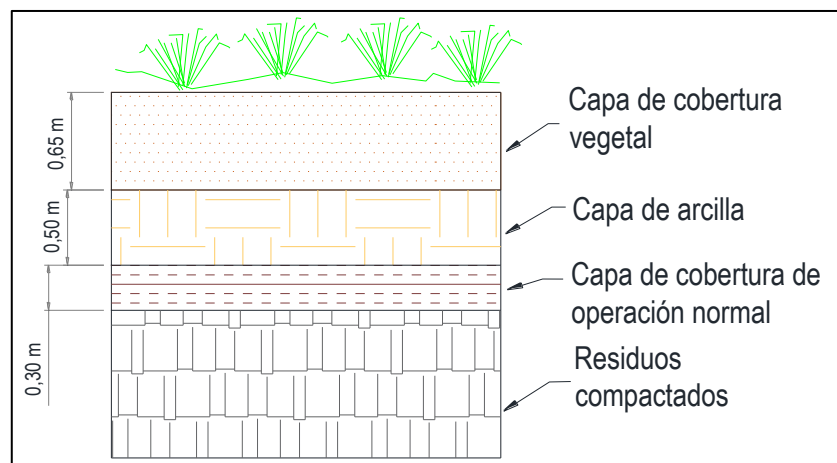
## **3. Cobertura final**

El Reglamento de la Ley General de Residuos sólidos establece que en la operación de un relleno sanitario la cobertura final de las celdas debe tener un espesor como mínimo de 0.5 m. Montoro (2012) utilizó una cobertura final de residuos se realizó que consistió de una capa de tierra areno arcillosa de 0.45 m y luego con 0.65 m de una capa de tierra vegetal del nuevo relleno sanitario. Para evitar el ingreso de lluvias se modeló las lomas con una altura máxima de 0.60 m, y en sus bordes se construyó zanjas de coronación rellenas de grava y tierra vegetal. La UNEP (2005) plantea una capa uniforme de 0.6m de cobertura final que comprende una capa de 0.45 m de capa arcilla compactada y 0.15 m de cobertura vegetal (topsoil).

La emisión de gas es un aspecto no manejado en el botadero “San José” y representa un aspecto importante que genera impactos significativos sobre la atmosfera. Por lo tanto en el diseño de cobertura final se incorpora una capa para su colección para su drenaje.

El diseño final de la capa de cobertura final queda configurado de la siguiente manera (Ver Figura 26 y Figura 31):

1. Residuos sólidos compactados: está conformada con residuos uniformemente compactado de acuerdo a las consideraciones planteadas en ítem “Compactación final de residuos”
2. Material de cobertura de operación normal: está conformada por un material de espesor de 0.3 m.
3. Capa de sello: esta capa está conformado por dos capas de material arcilloso de 0.25m de espesor cada una (0.5m en total) de permeabilidad  $k = 1 \times 10^{-6}$  cm/s. La capa reduce la infiltración de las aguas pluviales a la masa de residuos.
4. Capa de cobertura vegetal: en concordancia con el uso final del suelo para forestación y tomando en cuenta la experiencia de Montoro (2012), la capa estará conformada por capa de tierra vegetal de 0.65 m. La tierra será obtenida del futuro relleno sanitario, ubicada en el terreno adyacente al área del botadero. Esta capa tiene la finalidad de proteger a la capa final de suelo compactado y dar soporte al crecimiento de la vegetación. La pendiente de la superficie de esta capa será mayor al 2% y un talud lateral de 1/3.
5. Vegetación: la vegetación que se incorporara en esta capa serán árboles y arbustos de alrededores de la zona que cumplan con los siguientes requisitos: raíces de poca profundidad, rápido crecimiento, resistentes al biogás, soportar la falta de agua y que se extiendan horizontalmente sobre el área.



**Figura 26: Diseño de cobertura final de cierre**

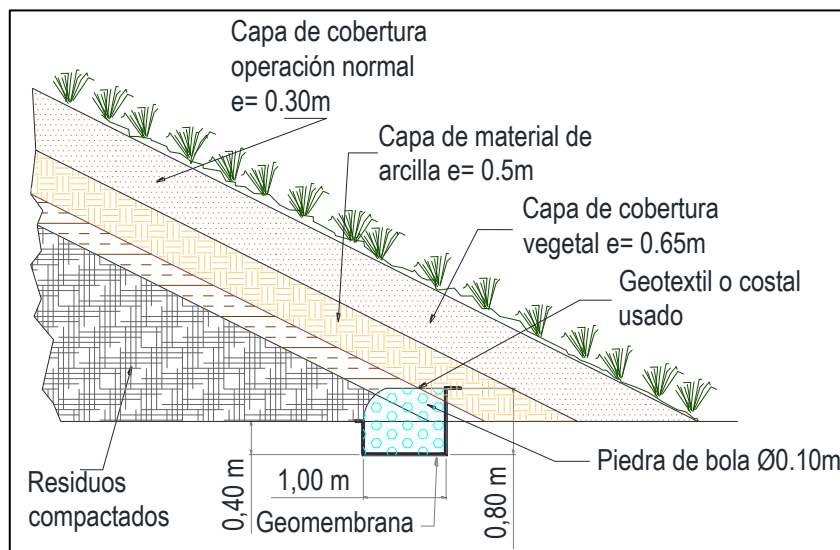
FUENTE: Elaboración propia

#### 4. Sistema de drenaje y tratamiento de lixiviados

Durante la fase de campo del estudio se identificó dos puntos de acumulación de lixiviados que se ubican en la parte más baja del botadero. El primero de ellos se encuentra al pie del talud de explotación actual mientras que el segundo se encuentra en a 100 m aguas abajo del anterior.

En razón de ello y dada la configuración del botadero, para recoger los lixiviados que afloran hacia la superficie por gravedad, se construirá una zanja verticales de captación de lixiviados en la cota más baja del botadero (Ver Figura 27). La zanja tendrá las siguientes dimensiones: (a) ancho: 1 m, (b) profundidad: 1 m. Las paredes y el fondo estarán recubiertas con Geomebrana HDPE de 1mm de espesor. Para evitar el derrumbe de las paredes laterales de la zanja se rellenará con piedras de bolas de máximo 6" de diámetro y se por encima de este se colocara un geotextil para evitar el taponamiento por los residuos.

Los lixiviados recogidos serán conducidos a un tanque de lixiviados de 64 m<sup>3</sup> de capacidad para su almacenamiento y su posterior recirculación al nuevo relleno sanitario ubicado adyacente al botadero. Su trazado en el terreno se puede observar en la Figura 31.



**Figura 27: Diseño de canal de interceptación de lixiviados**

FUENTE: Elaboración propia

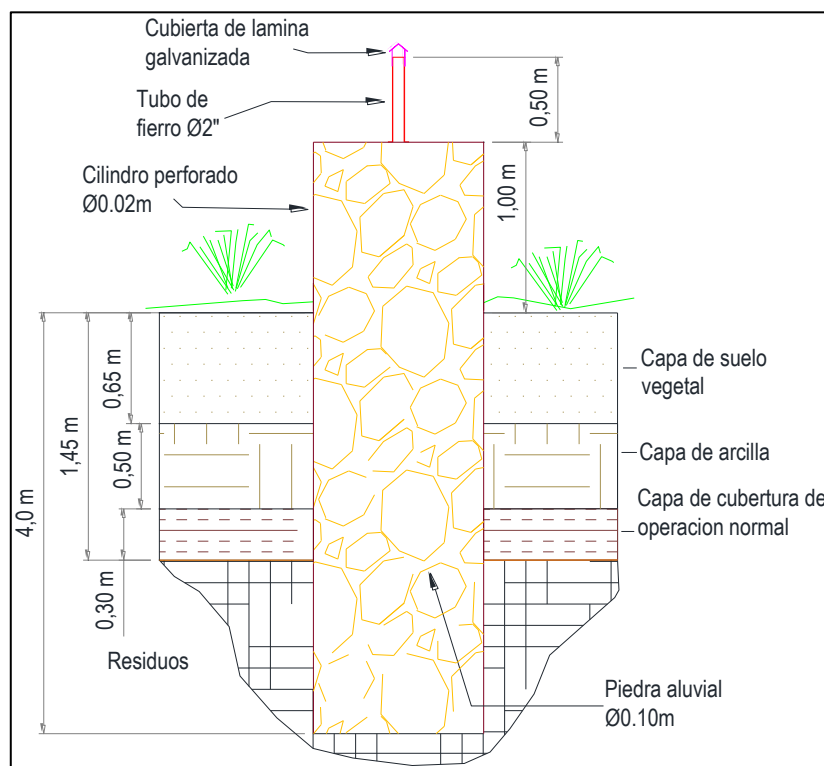
Para realizar el diseño de la infraestructura de almacenamiento de lixiviados, se estimó el volumen de lixiviados generados por el método de balance hídrico. El volumen total de lixiviados estimado a almacenar es de 21.32 m<sup>3</sup>/día (Ver cálculos en el Anexo 3). Para un tiempo de retención de 3 días, el volumen a almacenar será de 64m<sup>3</sup>. La altura de agua será de 1m, por lo tanto el largo de la poza será de 10m y al ancho 6.4m. Al cabo de 3 días

los lixiviados almacenados serán recirculados, por gravedad, a las celdas o a la poza de lixiviados Relleno Sanitario.

## 5. Sistema de drenaje de gases

La emisión no controlada de gases como resultado de la degradación de la materia orgánica dispuesta en el botadero “San José” genera efectos negativos en la atmosfera y la salud y seguridad de los segregadores del lugar y la población cercana.

Para el control de las emisiones del botadero se instalará un sistema de drenaje pasivo con 6 pozos de venteo de biogás: tres (3) en la primera plataforma, dos (2) en la segunda y 1 en la tercera (1). El diámetro del pozo será de 0.5m y la profundidad de la excavación de la zanja será 4 m medidas desde el nivel de la cobertura final. Se colocará cilindros de metal (soldados entre ellos) perforados (2cm de diámetro) en el extremo inferior en un tramo de 1m. Luego se rellenará con piedras de bolas de un tamaño máximo de 0.16 m de diámetro. En el extremo superior se instalara un tubo de fierro de 2” en donde se colocara un quemador a un altura aproximada de 1.5 m de altura desde la cobertura final. El diseño de las chimeneas será tal como se muestra en la Figura 28 y su ubicación se aprecia en la Figura 31.



**Figura 28: Diseño de sistema de venteo de biogás**

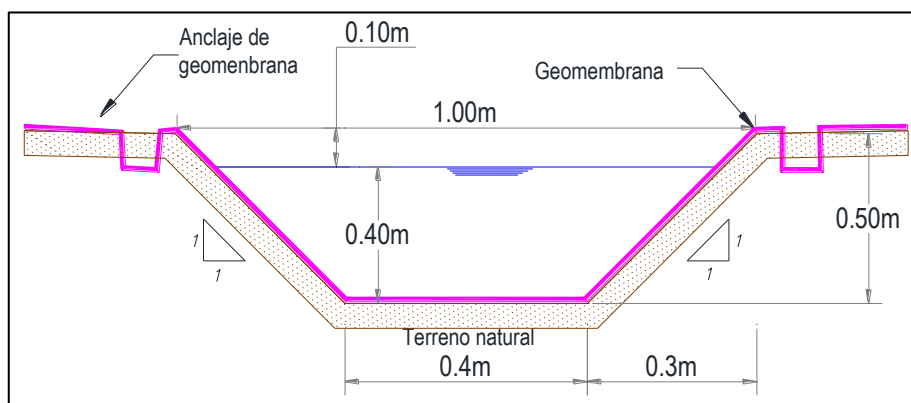
FUENTE: Elaboración propia



## 6. Sistema de drenaje de aguas superficiales

La principal fuente contribuyente a la generación de lixiviados es el aporte de agua proveniente de la precipitación que penetra a través de los residuos incrementando su generación. Para reducir la infiltración de aguas pluviales y dada la pendiente del terreno del botadero “San José” se plantea la construcción de dos canales de desviación en la periferia del botadero. Ambos canales se iniciaran su recorrido desde la parte más alta de botadero cerca de la puerta de entrada, luego se extenderán al lado izquierdo y derecho del mismo.

Para minimizar la erosión de la cobertura final por acción de las aguas pluviales, en la parte baja de los taludes se instalará canales de forma trapezoidal revestida de geomembrana (Ver Figura 29), que recogerán las aguas de escorrentía que bajan por las pendientes de ambos lados y las conducirá fuera de la infraestructura. El trazado en con respecto al botadero se puede observar en la Figura 29.



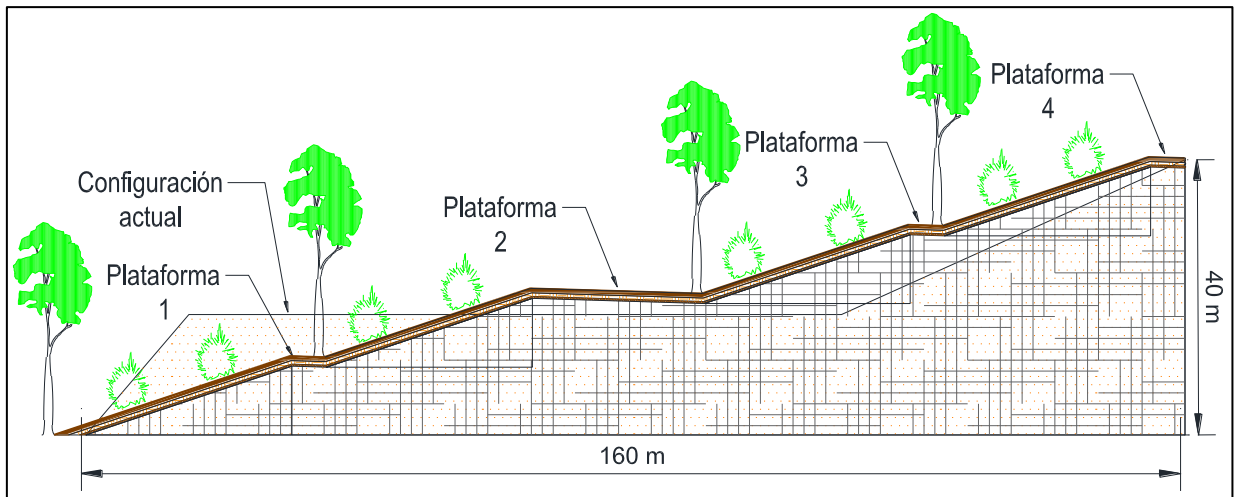
**Figura 29: Diseño de sistema de drenaje de aguas superficiales**

FUENTE: Elaboración propia

## 7. Revegetación de plataformas y taludes

Al concluir con la puesta de la cubierta final del botadero, esta puede estar expuesta a los procesos erosivos del viento y el agua. El área en intervención al haber operado como un botadero de residuos interrumpió el paisaje de la zona.

En razón de ello para evitar la erosión de la cobertura final, mejorar la estabilidad del terreno, así como la integración al paisaje del lugar se realizará la revegetación en los taludes y plataformas conformadas (Ver Figuras 30).

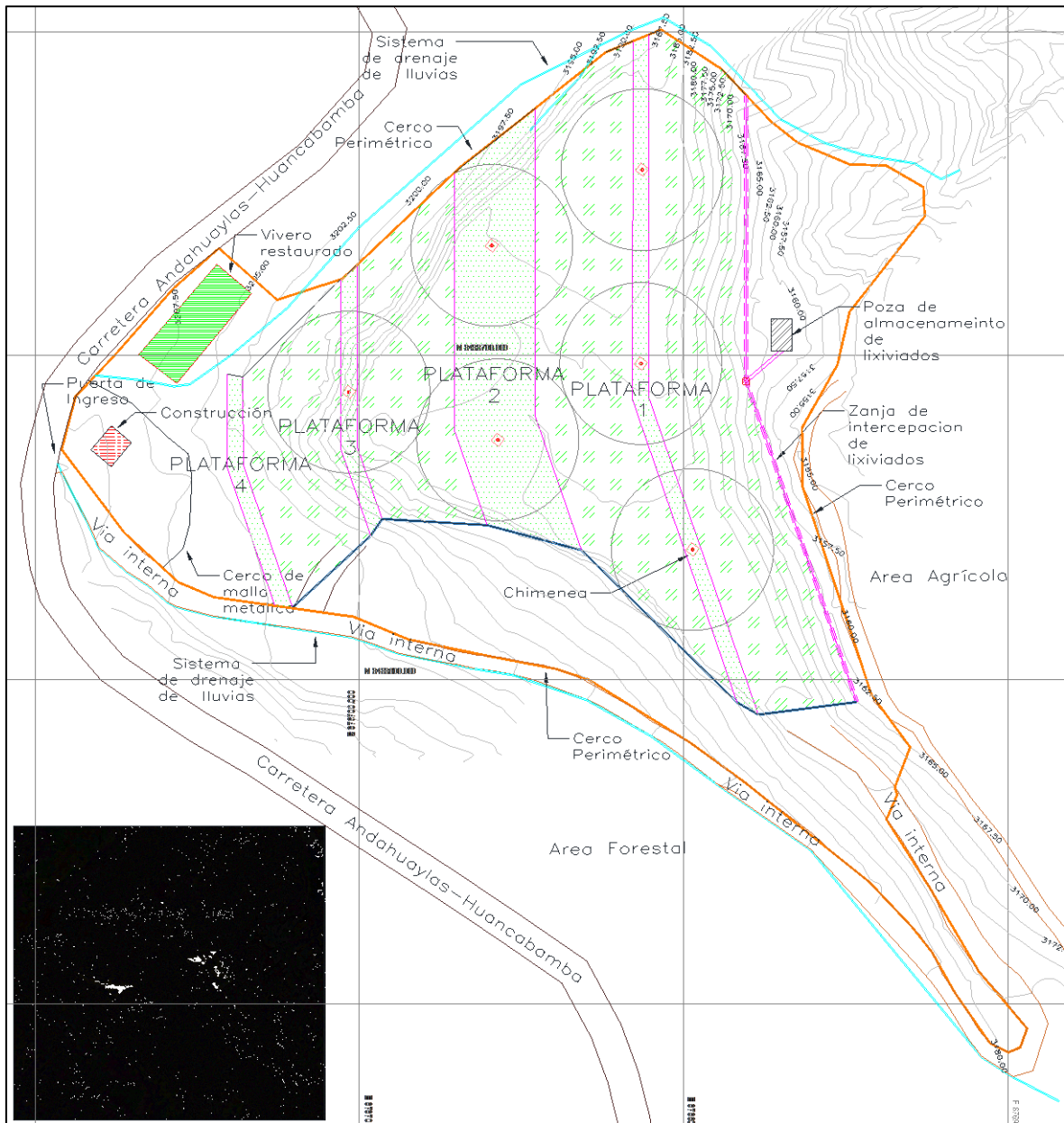


**Figura 30: Diseño final de la recuperación del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

Para tal fin se utilizará especies herbáceas como el *Pennisetum clandestinum* y arbustivas como la retama y la chilca. Dichas tienen un crecimiento rápido, poca necesidad de agua y abundancia en los alrededores del botadero. Además para dar protección a la zona de intervención se realizará plantaciones de una barrera biológica mixta que consta de especies como chilca, taqsana, cabuya y eucalipto tanto en el perímetro y en la base de cada talud.

En la Figura 31 se puede observar el diseño final del cierre y recuperación del botadero “San José”. En él se pueden apreciar las medidas a implementar para la mitigación de los impactos ambientales ocasionadas por la presencia y operación del botadero.



**Figura 31: Diseño final de cierre y recuperación del botadero**

FUENTE: Elaboración propia

### 4.3.5 Monitoreo ambiental y seguimiento

Con el objetivo de determinar si las medidas adoptadas para mitigar los impactos ambientales, causadas por la operación y ubicación del botadero “San José”, son eficaces y eficientes, se realizará el monitoreo y seguimiento de los aspectos que pueden afectar al ambiente, seguridad y salud de la población próxima.

### **Monitoreo de aguas superficiales**

Se realizará el monitoreo de las aguas de la quebrada de “Lambrashuaycco” aguas arriba y aguas debajo de punto de unión con la quebrada del botadero, es de especial interés realizarlo en épocas de lluvia en donde es posible que el lixiviado llegue a la quebrada “Lambrashuaycco”. Los parámetros a medir son los establecidos en el DS 002-2008-MINAM, Estándares de Calidad de Agua, Categoría 3 (Riego de Vegetales y Bebida de Animales). La frecuencia de monitoreo será semestral (Época seca y de lluvias) en el primer año y de manera esporádica en los años posteriores.

### **Monitoreo de suelo**

El monitoreo de suelo estará orientado en el seguimiento de los metales pesados, esto debido a las sospechas de presencia de Arsénico en los resultados del análisis de lixiviados en la etapa de diagnóstico. Los muestreos se realizarán en el área cercana a la base del talud más bajo y en los puntos de monitoreo de lixiviados descritos en la etapa de diagnóstico. La frecuencia de monitoreo será anual los primeros dos años y dependiendo de los resultados se realizara posteriormente de manera esporádica.

### **Monitoreo de lixiviados**

Para dar mayor seguridad a los resultados hallados en la etapa de diagnóstico se realizara el monitoreo de lixiviados en la poza de recolección de lixiviados. Los parámetros a analizar serán los mismos que se tomaron en la etapa de diagnóstico (Metales pesados, DQO, DBO y pH). La frecuencia de monitoreo será semestral (época seca y de lluvias) en los primeros 5 años.

### **Monitoreo de biogás**

Dado que este aspecto no ha sido controlado durante todo el tiempo de operación del botadero, se considera que el monitoreo de biogás se realizará de manera trimestral y se analizará el CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, y N<sub>2</sub>.

#### **4.3.6 Mantenimiento y acciones correctivas**

El mantenimiento y las acciones correctivas tienen como objetivo asegurar que las acciones implementadas para el cierre del botadero cumplan su finalidad.

Se tomaran las siguientes acciones

- La limpieza y mantenimiento de los canales de desviación de aguas pluviales asegurando su correcto funcionamiento.
- Inspección e identificación de las fisuras en la cobertura final por acción del asentamiento de residuos, para lo cual se tomaran acciones rápidas para su corrección y evitar la exposición de la masa de residuos compactadas.
- Inspección a las chimeneas de biogás para asegurar su correcto funcionamiento.
- Inspección de los canales de captación de lixiviados para evitar posibles obstrucciones.
- Mantenimiento de las especies herbáceas, arbustos y árboles y asegurar su correcto crecimiento.

#### 4.3.7 Cronograma de ejecución

En la Tabla 82 se aprecia el cronograma de ejecución del plan de cierre y recuperación del botadero San José, teniendo como un tiempo de duración de un año.

**Tabla 82: Cronograma de ejecución de medidas de acción**

Medida y/o Actividad	Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Comunicación a población de inicio de obras												
Educación y sensibilización ambiental												
Reasentamiento de segregadores informales												
Construcción de cerco perimétrico												
Reconfiguración de taludes y plataformas												
Construcción de canales de derivación de aguas pluviales												
Construcción de zanjas de interceptación de lixiviados												
Puesta de cobertura final												
Construcción de chimeneas de venteo de biogás												
Revegetación												
Mantenimiento, monitoreo y seguimiento												

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.3.8 Presupuesto

El plan de cierre y recuperación del botadero San José requiere de un presupuesto estimado de S/ 385 000 Soles tal como se aprecia en la Tabla 83.

**Tabla 83: Presupuesto de medidas de acción**

<b>Item</b>	<b>Actividad y/ medida</b>	<b>Costo (S/)</b>
1	Construcción de cerco perimétrico	15,000.00
2	Remoción de residuos y reconfiguración de taludes	70,000.00
3	Cobertura final	200,000.00
4	Manejo de lixiviados	10,000.00
5	Manejo de biogás	5,000.00
6	Canal de desviación pluvial	15,000.00
7	Revegetación	20,000.00
8	Educación y sensibilización ambiental	20,000.00
9	Monitoreo ambiental, seguimiento y mantenimiento	30,000.00
<b>Costo total</b>		<b>385,000.00</b>

FUENTE: Elaboración propia

## V. CONCLUSIONES

- El botadero de “San José” presenta deficiencias en el diseño y operación de carácter técnico, legal y de planificación, que en conjunto, afectan negativamente a la salud y seguridad de la población y al ambiente. Si bien los parámetros Arsénico (0.27 mg/L) y Aluminio (6.18 mg/L) de la muestra de lixiviados superan los Límites Máximos Permisibles de la Normativa Colombiana Resol 0631 en las muestras L1 y L2 respectivamente, sin embargo no representan un riesgo ambiental dado que los parámetros de pH, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Plomo y Selenio no superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 para ser considerado un residuo peligroso. Los pobladores de la comunidad Unión Chumbao manifiestan que su salud se ve afectada por la cercanía del botadero al percibir frecuentemente los olores desagradables y la presencia de moscas; ante ello las únicas soluciones posibles a la problemática serían la clausura, cierre y recuperación del lugar así como el traslado a otro lugar y la prohibición de la disposición final. Además una de las opciones señaladas por los pobladores para el uso final del terreno es la reforestación, que fue tomada en cuenta en la presente trabajo para plantear la propuesta de cierre.
- El botadero “San José” es clasificado como un botadero de alto impacto ambiental (IMV 15.06) de acuerdo a la evaluación ambiental por la metodología EVIAVE. Siendo las variables del botadero con mayor riesgo de impacto sobre los elementos del medio la compactación, cobertura final, tipo de residuo, control de lixiviados, asentamiento de residuos, cobertura diaria, talud, tamaño de vertedero, control de gases, estado de caminos internos y sistema de drenaje superficial. Asimismo el orden de impacto ambiental en los elementos del medio, de mayor a menor, es el siguiente: salud y sociedad, atmósfera, aguas superficiales, suelo y aguas subterráneas. Asimismo es categorizado de alto y muy alto riesgo de acuerdo a las metodologías CONAM por la prioridad de clausura y por impactos respectivamente. Ambas metodologías coinciden que la acción inmediata a realizar es el cierre y clausura del lugar.

- El método de cierre propuesto para el botadero “San José” es el cierre a través de la cobertura de residuos en el mismo lugar. Teniendo en consideración las variables del botadero de mayor riesgo de contaminación y los medios más impactados, las medidas de acción de cierre y recuperación ambiental planteados para mitigar los impactos ambientales y lograr la recuperación ambiental planteadas para el botadero de “San José” son la estabilización de taludes, compactación final, cobertura final, sistema de manejo de lixiviados, manejo de gases y sistema de drenaje de aguas superficiales.



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios específicos y en un periodo de mínimo un año para poder tomar la decisión de cierre y las acciones concretas para su planeamiento, diseño y ejecución de las actividades para tal fin.
- Realizar muestreos de lixiviados en épocas de lluvia a fin de hacer seguimiento de la concentración de los contaminantes que superaron los Límites Máximos Permisibles de la normativa en referencia. Asimismo en la misma época realizar un monitoreo de la calidad de las aguas de la Quebrada de Lambrashuaycco a fin de conocer si superan los Estándares de Calidad de Agua producto del vertimiento a su cauce.
- Revisar y analizar la posibilidad de actualizar la metodología de categorización de botaderos CONAM con la finalidad de incorporar aspectos evaluados por la metodología EVIAVE.
- Cuando los valores producto de la aplicación de las metodologías para la evaluación de un mismo botadero difieren y se tenga que elegir una se sugiere tomar el valor más crítico, es decir en el peor escenario. Asimismo para priorizar las actuaciones dentro del botadero tomar como referencia la metodología EVIAVE.
- Al realizar el proyecto de clausura, cierre y recuperación del lugar debe considerarse las alternativas planteadas por los pobladores respecto al uso final del terreno recuperado, dado que son ellos quienes harán uso del lugar y los encargados de su mantenimiento.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acurio, G; Rossin, A; Teixeira, PF; Zepeda, F. 2008. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en américa latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud. Serie Ambiental N° 18.

ANA (Autoridad Nacional del Agua, PE). 2013. Evaluación de los Recursos Hídricos en Cabecera de las Subcuencas de las Provincias de Andahuaylas y Chincheros. Andahuaylas, Perú. 301 p.

Akinbile, CO; Yusoff, MS. 2011. Environmental of Leacheate Pollution on Groundwater Supplies in Akure, Nigeria. International Journal of Environmental Science and Development. 2(1): 81-86.

Ali, SM; Pervaiz, A; Afzal, B; Hamid, N; Yasmin, A. 2014. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. Journal of King Saud University. 26: 59-65.

Calvo Redruejo, F; Zamorano, M; Moreno, B. 2002. Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos como herramienta en la planificación ambiental. Colegio de Ing. De C., C. y P. Madrid. 965-975.

CEPIS-BS, OPS, 2007. Riesgos a la salud por la crianza de cerdos alimentados en sitios de disposición final de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Lima, Perú. Investigación bibliográfica.

Charles, OA; Olabanyi, OA; Abimbola AJ; Olamide, AO. 2013. Assessing the Effecto of a Dumpiste on Groundwater Quality: A Case Study of Aduramigba Estate within Osogbo Metropolis. Journal of Environment and Earth Science. 3(1): 120-130.

CONAM (Consejo Nacional del Ambiente, PE); CEPIS/OPS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2004. Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. 98 p.

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia. 2010. Protocolo de Toma de Muestras de Aguas Residuales. Código I-SMA-01. 20 p.

Directiva 199/31/CE del Consejo del 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos. 1999. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 19 p.

Decreto Supremo N° 017-2009-AG. 2009. Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso mayor.

Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. 2008. Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Dwaste.2014. Waste Atlas The World's 50 Biggest Dumpsites. 2014 Report. 122 p.

Brack Egg, A; Mendiola Vargas, C. 2012. Ecología del Perú. Perú. Editorial Bruño.

EPA (Environmental Protection Agency, US). 2016. Draft Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2014. Washington, USA. 546 p.

Espinace A, R; Palma G, J; Szanto N, M; Olaeta C, JA. 1998. Recuperación de áreas controladas como botaderos de R.S.U. Experiencias y proposiciones. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/residuos/recuarea.html>

Farro Peña, G; Bolaños Gil, H; Muyasón Oblitas, Y; Pecho Manyari, I; Chavez Alayo, A; Campos Coronel, H; Davila, C. 2008. Evaluación del plan de cuidados sanitarios sobre salud ocupacional de familias que trabajan en el reciclado de basura en Lomas de Carabayllo. Rev. Enferm. Herediana. 1(2): 119-122.

Fichtner; Cydep S.A.S. 2015. Proyecto de Desarrollo de Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos en Zonas Prioritarias. Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado del Relleno Sanitario para las ciudades de Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera, Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos y Planta de Separación de Residuos Inorgánicos Reciclables para la ciudad de Andahuaylas, Provincia de Andahuaylas, Departamento de Apurímac.

Garrido Vegara, ME. 2008. Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, adaptación para su informatización utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía. Tesis Dr. Granada, España. Universidad de Granada. 508 p.

G Venkata Ramaiah; Kishnaiah, S; Naik, M; Shankara. 2014. Leachate Characterization and Assessment of Ground Water Pollution near MSW Dumpsite of Mavallipura, Bangalore. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. 4(1): 267-271.

Hernandez Barrios, CP; Wehenpohl, G. 2000. Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de Mexico. Mexico, D.F. Secretaría de Ecología. 59 p.

Hernandez, AJ; Pastor, J. 2000. La revegetación de vertederos de residuos urbanos basada en principios ecológicos. *Ecología Latinoamericana*. 2000:449-455.

INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, PE). 2013. Segundo Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geo-hidrológicos en la Región Apurímac. Informe Técnico N° A662A.

ISWA (International Solid Waste Association, AT). 1992. 1000 Terms in Solid Waste Management. Ed. J Skitt. 258 p.

ISWA (International Solid Waste Association, AT). 2010. Landfill Operational Guidelines. 2 ed. 106p.

ISWA (International Solid Waste Association, AT). 2015. Wasted Health The Tragic Case of Dumps. 38 p.

ISWA (International Solid Waste Association, AT). 2006. Key Issue Closing of open dumps.

Jaramillo, J. 1997. Guía para el diseño, construcción y operación de relleno sanitarios manuales. Washington DC: OPS. Serie Técnica N° 28.

Kiwitt-Lopez, U. 2009. Caracterización y categorización de los botaderos de Lima. Deutscher Entwicklungsdienst. 74 p.

Llamas, S; Mercante, IT; Martinengo, PD. 2011. Reinserción de un antiguo basural para uso agrícola en la provincia de Mendoza, Argentina. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. 2011: 380-385.

Logreira Diazgramados, N; Sisa Camargo, A; Madariaga Orozco, C; Molinares Amaya, N; Escolar Foltalvo, M. 2011. Diagnóstico y clausura del botadero “La Concepción”. Soledad

- Colombia. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima. 2011: 263-269.

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, PE). 2014. Reporte de Fiscalización a Entidades 3. La inadecuada disposición final de Residuos en el Perú. Los 20 botaderos más críticos. Perú.

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, PE). 2015. Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal Provincial. Informe 2013-2014. Perú. 100 p.

Oyeku, OT; Eludoyin, AO. 2010. Heavy metal contamination of groundwater resources in a Nigerian urban settlement. African Journal of Environmental Science and Technology. 4(4): 201-214.

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2011. Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado. Lima, Perú. 137 p.

MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2014. Sexto Informe Nacional de Residuos del Ámbito de la Gestión Municipal y No Municipal 2013. Lima, Perú. 137 p.

MINAMBIENTE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, CO). 2002. Guía Ambiental para el Saneamiento y Cierre de Botaderos a Cielo Abierto. 40 p.

MINEM (Ministerio de Energía y Minas, PE). 1993. Protocolo de monitoreo de calidad de agua. Sub Sector Minería. Dirección General de Asuntos Ambientales Proyecto EMTAL. 58 p.

MPA (Municipalidad Provincial de Andahuaylas, PE). 2009. Perfil de Inversión Pública del Proyecto Ampliación y mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos municipales en el valle del Chumbao (localidades Andahuaylas, San Jerónimo y Talavera), provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

Montoro Negron, BE. 2012. Utilización de especies del “bosque seco” para la recuperación del paisaje en el proceso de cierre del botadero a cielo abierto del distrito Las Lomas-Piura. TECNIA. 22(1): 23-32.

Norma Oficial Mexicana NOM-052-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Paolini Méndez, AY. 2007. Validación de la metodología EVIAVE en vertederos de Venezuela. Análisis y propuestas de soluciones. Tesis Dr. Granada, España. Universidad de Granada. 830 p.

Pillai, S; Anju Eizbath, P; Suni, BM; Shrihari S. 2014. Soil Pollution near a Municipal Solid Waste Disposal Site in India. Inetrnational Conference on Biological, Civil and Environmental Engineering. Marzo 17-18: 148-152.

Reglamento de la Ley 29338 Ley de Recursos Hídricos. 2010. Ministerio de Agricultura. Autoridad Nacional del Agua. 81 p.

Resolución N° 0631 17 de Marzo 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Rim-Rukeh, A. An Assessment of the Contribution of Municipal Solid Waste Dump to Atmospheric Pollution. Open Journal of Air Pollution. 3: 53-60.

Robles Martínez, F; Morales Lopez, Y; Piña Guzman, AB; Espinola-Serafin, O; Tovar Galvez, LR; Valencia del Toro, G. 2011. Medición de pH y cuantificación de metales pesados en los lixiviados del relleno sanitario más grande de la zona metropolitana de la ciudad de México. Universidad y ciencia 2011: 27(2):121-132.

Salazar Gámez, LL. 2009. Planes de Manejo Ambiental en la clausura de botaderos a cielo abierto. Universidad del Norte. 12 p.

Sanchez Pinzon, MS, 2010. Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de Moravia en Medellin: transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas. Tesis Dr. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. 164 p.

Sánchez Saez, MG. 2013. Coagulación - floculación y separación de solidos disueltos y suspendido en un lixiviado estabilizado de vertedero. Tesis Mbta. Oviedo, España. Universidad de Oviedo. 97 p.

Secretaría del Convenio de Estocolmo. 2007. Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales conforme al Artículo 5 y Anexo C del convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Quema a cielo abierto de desechos, incluida la quema en vertederos. PNUMA. Ginebra, Suiza. 31 p.

Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México. 2000. Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México. 2 ed. 59 p.

SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social, MX). 2001. Manual para a rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto. México. 234 p.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, MX). 2001. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. México, D.F. 201 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, PE). 2013. Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2011. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima, Peru. 69 p.

UNEP (United Nations Environment Programme, KE). 2005. Training Module. Closing an Open Dumpsite and Shifting from Open Dumping to Controlled Dumping and to Sanitary Land Filling. 92 p.

Ugwoha, E; Emete, KC. 2005. Effects of Open Dumpsite Leachate on Groundwater Quality: a Case Study of Nigeria. Environ Stud. 1(1): 8.

## VIII. ANEXOS

### 8.1 ANEXO 1: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE TRABAJO DE CAMPO



**Fotografía 1: Plataforma abandonada sin cobertura**





**Fotografía 2: Plataforma de disposición final actual**



**Fotografía 3: Presencia de segregadores de residuos**



**Fotografía 4: Descarga de residuos**



**Fotografía 5: Sin conformación de celdas**



**Fotografía 6: Cobertura de residuos**



**Fotografía 7: Impacto visual (Vista desde la carretera Andahuaylas - Huancabamba)**



**Fotografía 8: Presencia de lixiviados**



**Fotografía 9: Presencia de animales de consumo humano**



**Fotografía 10: Impacto en áreas agrícolas**



**Fotografía 11: Quema de residuos**



**Fotografía 12: Impacto sobre la vegetación e inestabilidad física**



**Fotografía 13: Presencia de residuos hospitalarios**



**Fotografía 14: Monitoreo de lixiviados**

## 8.2 ANEXO 2: FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Datos generales						
Fotografía de Botadero						
Nombre del Botadero		San José				
Distrito/ Provincia/ Región		San Jerónimo/Andahuaylas/Apurímac				
Dirección		Vía Andahuaylas-Huancabamba. Altura de Sector Cerro San José				
Coordenadas UTM		Latitud ( E )		Longitud ( N )		Altitud
		676875.66		8488504.65		3174 ms nm
Vías de Acceso	Principal	Vía Andahuaylas-Huancabamba				
	Secundaria	Vía San Jerónimo-Huancabamba				
	Tipo de camino	Trocha				
Situación legal del terreno	Privado	x	Municipal		Del estado	
	Comunidad	Comunidad Campesina Unión Chumbao				
Responsable de la Operación del botadero		Sr. Glicerio Anton Oviedo. Jefe de Limpieza Pública, Municipalidad de Andahuaylas				
Edad del botadero (año de apertura)		1999 (17 años)				
Capacidad de Operación	Entrada de Residuos (ton/día)	56.55	Numero de vehículos al día	5		
	Cantidad acumulada aprox.	150 000 ton - 200 000 ton	Área total/ Área Utilizada	4ha /1.5ha		
Clima	Dirección del viento		NE y W			
	Velocidad		4.83 m/s(día) y 4.79(noche)			
	Tipo de suelo		Limo arcilloso			
	Temperatura		20°C			
	Precipitación		707mm/año			
Distancia a:	Vías	30m	Cuerpo de agua	200m	Zona Arqueológica	-
	Viviendas	500m	Área Agrícola	20m	Central Eléctrica	-
	Aeropuerto	4.3km	Otros			
Composición de residuos (%)	Material orgánico	Papel cartón	Vidrio	Plástico	Caucho	Metales
	54.57	6.01	3.27	12%	0.61	3.42
	Textiles	Voluminosos	Escombro	Otros		
	1.6	-	-			
Observaciones						
Origen de residuos	Industrial	Municipal	Hospitalario	Construcción	De Act. Especiales	
	x	x	x	x	x	
	Otros:					
Población vertedora	46122	Municipios servidos		Andahuaylas, San Jerónimo, Talavera y Pacucha		
Proyecto	Ha sido sometido a Evaluación de Impacto Ambiental?		No	Tiene proyecto/ estado	No	
Recuperación de materiales	Presencia de recicladores	Numero de Personas	Formalización	Cantidad Recuperada	Sueldo	
	Si	6	No	70 kg por día	S/ 30 por día	
Ubicación del vertedero en el Municipio						



Descripción del punto de vertido						
<b>Acceso al vertedero</b>						
a) Desde la ciudad de Andahuaylas a través de la carretera que conduce al Aeropuerto de Andahuaylas, recorriendo una distancia de 13 km de la en un tiempo aproximado de 10 min. b) Desde el distrito de San Jerónimo a través de la carretera alterna que conduce al aeropuerto de Andahuaylas. c) Por vía aérea, desde el Aeropuerto de Andahuaylas, a través de la vía que conduce a la ciudad de Andahuaylas.						
<b>Caminos internos del vertedero</b>						
La vía es afirmada, tiene una extensión de 600 m; a través de esta se puede acceder al área de explotación, punto de disposición de residuos sólidos. En ciertos puntos de la vía existen huecos y desniveles para el tránsito.						
<b>Señalizaciones</b>						
No existe						
<b>Operaciones de relleno en el vertedero</b>						
Las únicas operaciones que se han observado en el botadero son: descarga de residuos, cobertura de residuos, recuperación de materiales reciclables y la fumigación. Todas ellas sin ningún criterio técnico ni de protección a la salud, seguridad y el ambiente						
<b>Taludes</b>						
La pendiente en la plataforma abandonada supera el 300%, la plataforma de explotación en uno de sus frentes es mayor a 200% y el otro frente es mayor que 75%						
<b>Material de cobertura</b>						
De acuerdo a los estudios de suelos el área de influencia del botadero es de tipo limo arcilloso con permeabilidad de $k=9.72 \times 10^{-6}$ y $k=1.6 \times 10^{-5}$ , el porcentaje de finos supera el 65%, por lo que se puede considerar un material adecuado						
<b>Lixiviados</b>						
No existe ningún control de los lixiviados y se observa afloración en dos puntos						
<b>Sistema de recogida de gases</b>						
No existe control de gases						
<b>Poblaciones afectadas por los olores</b>						
En la encuesta realizada a los pobladores de la comunidad Unión Chumbao se observa que los malos olores es uno de los aspectos percibidos al vivir cerca del botadero						
<b>Residuos tóxicos y peligrosos</b>						
Se observa residuos hospitalarios en cantidades significativas						
<b>Voluminosos Neumáticos</b>						
Se observa neumáticos en distintas partes del botadero así como en las quebradas de Lambrashuaycco y las áreas agrícolas adyacentes						
<b>Residuos de la construcción y demolición</b>						
Se observa residuos de construcción dispuestos en las entradas y dentro de la instalación						
<b>Clasificación de los residuos que se disponen en el sitio</b>						
No existe. Solo la realizada de manera informal por los segregadores de residuos						
<b>Vegetación</b>						
La vegetación mas cercana son los eucaliptos y cultivos así como especies nativas como el ichu						
<b>Animales/Insectos</b>						
Los animales generalmente es el ganado de los pobladores de la comunidad que transitan por la zona del botadero						
<b>Anexo fotográfico</b>						
<b>Circunstancias singulares del vertido</b>						
Neumáticos	Residuos industriales	Vertido líquidos o semilíquidos	Residuos peligrosos	Pilas o acumuladores	Otros	
<b>Tratamiento actual</b>						
Explotación convencional	Cobertura diaria	Quemas	Vertido de escombros incontrolado	Cierre	Sellado definitivo	Reinsertos
Abandono						
<b>Impactos evidentes</b>						
Aparición de lixiviados	Neumáticos ardiendo	Malos olores	Insectos/ aves/ roedores	Transeúntes/ Segregadores	Sustrato permeable	Vuelo de materiales
<b>Anexo fotográfico</b>						

### 8.3 ANEXO 3: ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LIXIVIADOS

Para ello se tiene en cuenta los siguientes parámetros

Parámetro	Valor	Unidad
% Humedad de residuos (Hre)	74.36	%
Altura de residuos	2	m
Espesor de material de cobertura	0.5	m
Altura de celda (Residuos + cobertura) (Hcelda)	2.5	m
Relación Residuo-Cobertura	4:1	
Densidad compactada de residuos (Dr)	600	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del suelo (Dc)	1502	kg/m <sup>3</sup>
Permeabilidad de material de cobertura (k)	1x10 <sup>-6</sup>	cm/s

- Peso de Residuos (Wr)

$$Wr = Dr \times \left(\frac{4}{5}\right) \times Hcelda \times Au$$

$$Wr = 600 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{4}{5}\right) \times 2.5m \times 1m^2$$

$$Wr = 1200kg$$

- Peso de material de cobertura (Wmc)

$$Wmc = Dc \times \left(\frac{1}{5}\right) \times Hcelda \times Au$$

$$Wmc = 1502 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{1}{5}\right) \times 2.5m \times 1m^2$$

$$Wmc = 751kg$$

- Humedad (War) y peso seco de residuos (Wseco)

$$War = Wr \times Hre$$

$$War = 1200 kg \times 0.7436$$

$$War = 892.32kg$$

$$Wseco = Wr - War$$

$$Wseco = 1200kg - 892.32kg$$

$$Wseco = 307.68kg$$

- Peso de lluvia (Wl)

$$Wl = k \times \frac{365d \times 24h \times 3600s}{1año}$$

$$Wl = \left(1 \times 10^{-7} \frac{cm}{s}\right) \times \frac{365d \times 24h \times 3600s}{1año}$$

$$Wl = 31.54 \text{ cm/año}$$

- Peso total del agua

$$Wta = 0.5 \times (Wseco + Wl + War) + Wmc$$

$$Wta = 0.5 \times (307.68kg + 31,54kg + 892.32kg) + 751kg$$

$$Wta = 1366.77kg$$

- Factor de capacidad de campo

$$Cc = 0.56 - 0.55 \times \left(\frac{Wta}{(4536 + Wta)}\right)$$

$$Cc = 0.56 - 0.55 \times \left(\frac{1366.77kg}{(4536 + 1366.77kg)}\right)$$

$$Cc = 0.473$$

- Cantidad de agua que puede retener los residuos

$$Aret = Wseco \times Cc$$

$$Aret = 307.68 \text{ kg} \times 0.473$$

$$Aret = 145.42kg$$

- Lixiviados

$$L = War - Aret$$

$$L = 892.32kg - 145.42kg$$

$$L = 778.43 \text{ kg/año}$$

$$L = 778.43 \text{ L/año}$$

$$L = 0.002132 \frac{m^3}{\text{dia. m}^2}$$

- Total de lixiviados

$$\text{Total Lixiviados} = 0.002132 \frac{m^3}{\text{dia. m}^2} \times 10000m^2$$

$$\text{Total Lixiviados} = 21.32 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Tiempo de retención de laguna de almacenamiento = 3 días

Volumen a almacenar

$$\text{Volumen a almacenar} = 21.32 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 3 \text{ días}$$

$$\text{Volumen a almacenar} = 63.98 \text{m}^3 \approx 64 \text{m}^3$$

H laguna=1m

Largo= 6.4 m

Ancho= 10m

Luego de tres días de retención los lixiviados almacenados serán recirculados, por gravedad, a las celdas del Relleno Sanitario o a la poza de lixiviados del mismo.

## **8.4 ANEXO 3: ENCUESTA DE PERCEPCIÓN AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**“Encuesta de Percepción Ambiental de la  
Comunidad Unión Chumbao sobre la  
contaminación por el botadero San José”**

**1. Sexo**

- a) Masculino
- b) Femenino

**2. Edad**

- a) 18-30
- b) 31-45
- c) 46-60
- d) 60-70
- e) Más de 71

**3. Nivel de Estudios**

- a) Sin estudios
- b) Primaria completa
- c) Primaria incompleta
- d) Secundaria completa
- e) Secundaria incompleta
- f) Superior técnica completa
- g) Superior técnica incompleta
- h) Superior universitaria completa
- i) Superior universitaria incompleta

**4. ¿Hace cuantos años vive en la  
Comunidad Unión Chumbao?**

- a) Menos de 1 año
- b) 1- 5 años
- c) 5-10 años
- d) 10-20 años
- e) Más de 20 años

**5. ¿A qué se dedica actualmente?**

- a) Agricultor
- b) Ganadero
- c) Comerciante
- d) Docente
- e) Minero
- f) Construcción
- g) Otro\_\_\_\_\_

**6. ¿Cuál considera Ud. que es el principal  
problema que existe en la Comunidad  
Unión Chumbao?**

- a) Falta de agua y desagüe
- b) Falta de seguridad
- c) Presencia del Botadero “San José”
- d) Falta de sistemas de riego
- e) Otros\_\_\_\_\_

**7. ¿Usted está de acuerdo con la existencia  
del botadero San José cerca de su  
vivienda?**

- a) Si
- b) No
- c) No sabe

¿Por  
qué?\_\_\_\_\_

**8. ¿Usted cree que el botadero de San José  
causa algún tipo de contaminación en la  
Comunidad Unión Chumbao? (Si  
respondió “No” pase a la 11)**

- a) Si
- b) No
- c) No sabe

¿Por  
qué?\_\_\_\_\_

**9. ¿Qué componente es el más afectado  
por la contaminación el botadero de  
San José? (Ordene del 1 al 3)**

- a) Fuentes de agua
- b) Aire
- c) Suelo
- d) Plantas
- e) Animales
- f) Población
- g) Otro\_\_\_\_\_

**10. De manera general ¿Cómo califica la  
contaminación producida por el  
botadero de San José?**

- a) Nada grave
- b) Poco grave
- c) Grave
- d) Muy grave
- e) No sabe

**11. ¿Usted cree que vivir cerca del  
botadero le afecta a su vida cotidiana?**

- a) Si
- b) No

¿Por qué?\_\_\_\_\_

**12. ¿Cuál de los siguientes aspectos Ud. percibe con más frecuencia al vivir cerca del botadero?(Ordene del 1 al 3)**

- a) Malos olores
- b) Presencia de moscas
- c) Presencia de roedores
- d) Basura dispersada
- e) Contaminación del Agua
- f) Contaminación del Aire
- g) Contaminación del Suelo
- h) Deterioro del Paisaje
- i) Problemas a la salud
- j) Presencia de lixiviados
- k) Otro \_\_\_\_\_

**13. Principalmente ¿Cómo lo afecta a Ud. el hecho de vivir cerca del botadero?**

- a) Problemas a la salud
- b) Mala imagen de la comunidad
- c) Pérdida de valor de terrenos
- d) Perdida de Áreas agrícolas
- e) Otro \_\_\_\_\_

**14. ¿Alguno de los miembros de su hogar ha sufrido alguna de las siguientes enfermedades, debido a la cercanía del botadero?**

- a) Ninguno
- b) Problemas respiratorios
- c) Infecciones a la piel
- d) Enfermedades gastrointestinales
- e) Otros \_\_\_\_\_

**15. ¿Quién cree que es el responsable de la contaminación del botadero? (Ordene del 1 al 5)**

- a) Municipalidades
- b) Comunidad Unión Chumbao
- c) Gobierno Regional
- d) Gobierno Central
- e) Autoridades de salud
- f) Población de la ciudad
- g) Otro \_\_\_\_\_

**16. ¿Cómo califica el manejo de la Municipalidad de Andahuaylas del Botadero de San José?**

- a) Muy Bueno

- b) Bueno
- c) Regular
- d) Malo
- e) Muy malo

**17. ¿A qué cree que se debe el actual manejo del botadero?**

- a) Falta de profesionales adecuados
- b) Falta de capacitación
- c) Falta de recursos económicos
- d) Desinterés de funcionarios
- e) Otro \_\_\_\_\_

**18. ¿La Comunidad ha tenido algún conflicto con las autoridades encargadas del manejo del botadero?**

- a) Si
- b) No

**¿Por qué motivo cree que ocurren los conflictos por el botadero?**

- a) Deuda por el alquiler del terreno del botadero
- b) No se cumple con el tapado
- c) No se cumple con las fumigaciones
- d) No se cumple con el pago del personal encargado del botadero
- e) Otro \_\_\_\_\_

**19. ¿Cuál cree Usted que es la mejor solución para reducir la contaminación por el botadero San José?**

- a) Clausurar, cerrar y recuperar el lugar
- b) Convertirlo en un Relleno Sanitario
- c) Mejorar su manejo y control
- d) Prohibir el depósito de residuos sólidos en la zona
- e) Otro \_\_\_\_\_

**20. Luego de haberse cerrado y recuperado el botadero, ¿Cuál cree Ud. que es el mejor uso se le debe dar al terreno?**

- a) Parque de Recreación
- b) Parque Ecológico
- c) Agricultura
- d) Estadio
- e) Forestación
- f) No se debe tocar
- g) Otro \_\_\_\_\_

**21. ¿Estaría dispuesto a hacer algo para mejorar la zona del botadero?**

- a. Si                                  b. No

**¿Qué haría? (Ordene de acuerdo a la importancia)**

- a) Exigir a las autoridades para su mejora
- b) Cambiar de hábitos
- c) Reciclar
- d) Recibir capacitaciones en temas ambientales
- e) Faenas comunales de limpieza
- f) Otro \_\_\_\_\_

**22. Además de Ud. ¿Qué otras personas o instituciones deberían hacer algo para mejorar el área del botadero? (Elija 3 opciones)**

- a) Municipalidades
- b) Empresas Privadas
- c) Sub Región Chanka
- d) Autoridad Local del Agua
- e) Dirección de Salud
- f) Gobierno Central
- g) Población
- h) Colegios
- i) Otro \_\_\_\_\_

**23. A la fecha ¿Ha escuchado sobre algún proyecto o actividad que se esté realizando para darle una solución al botadero?**

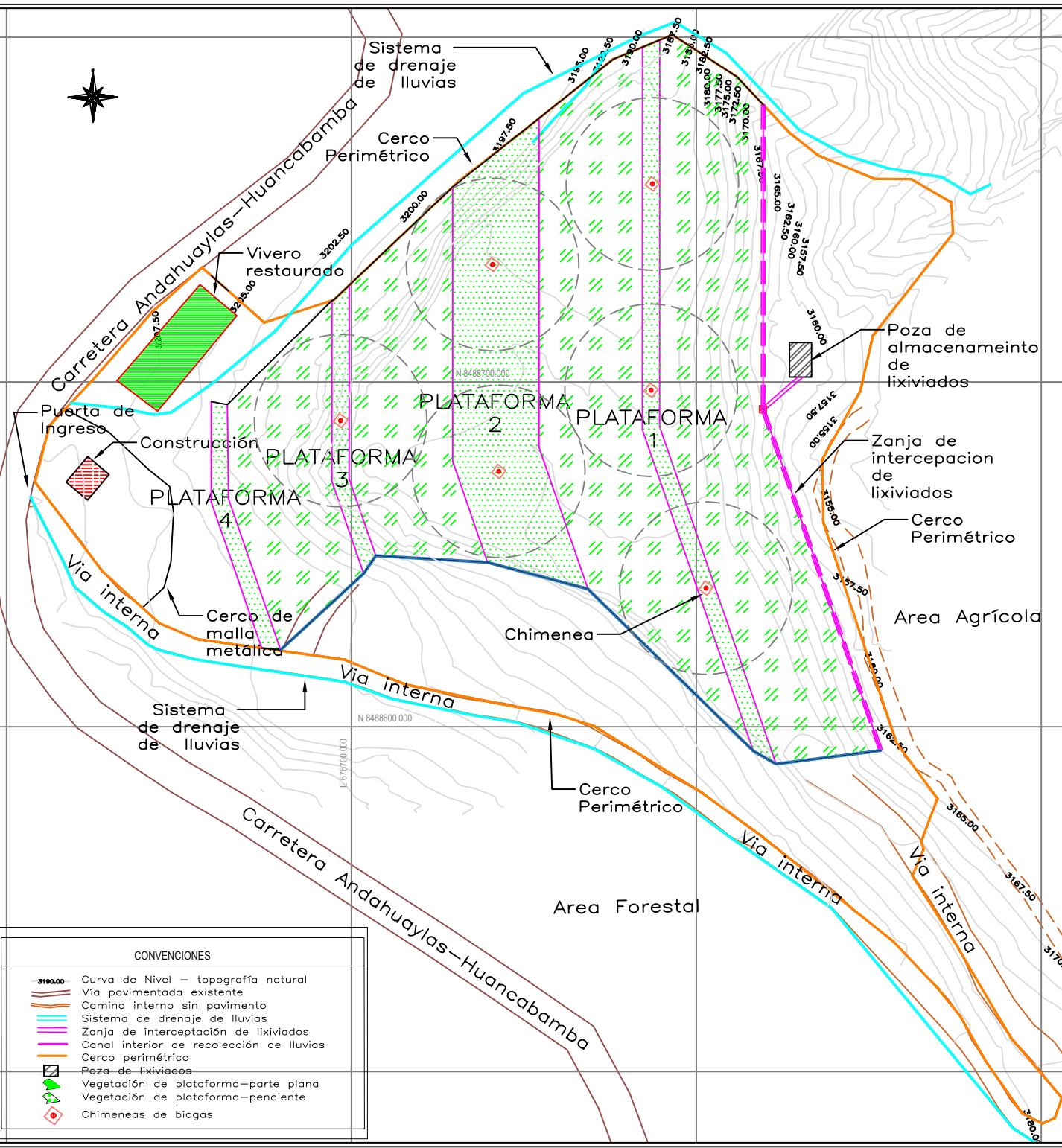
- a) Si                                  b) No  
¿Cuál? \_\_\_\_\_



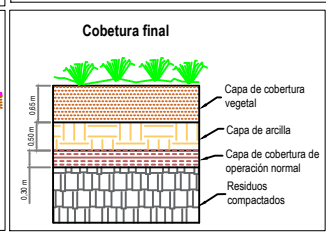
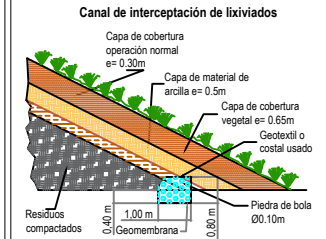
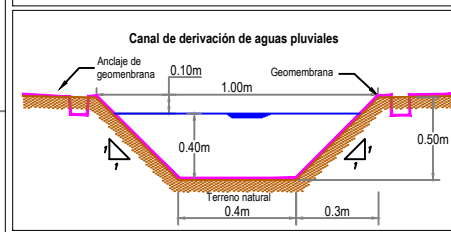
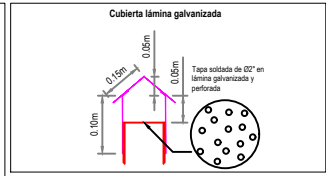
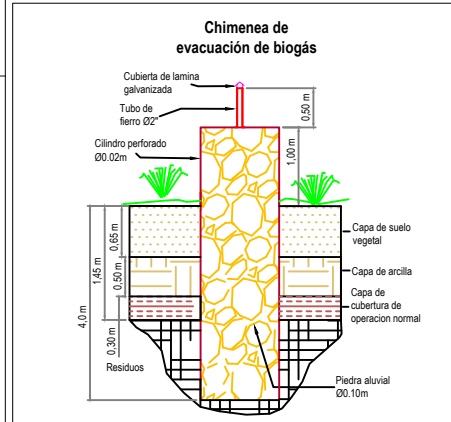
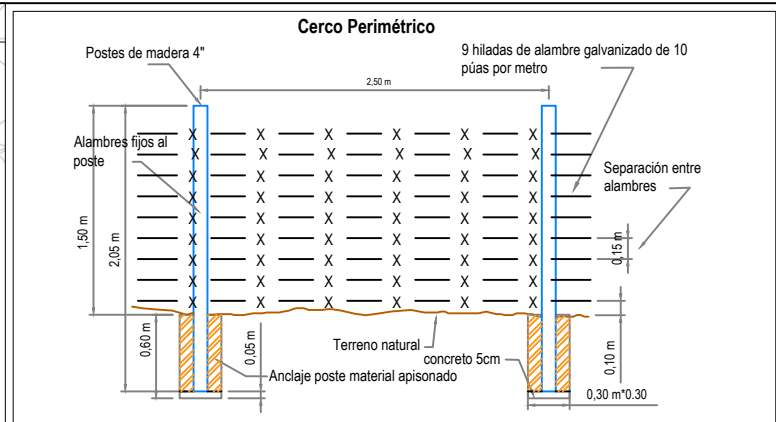
## **8.1 ANEXO 5: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LIXIVIADOS**

Este anexo contiene un informe que indica prohibida su reproducción total o parcial. Favor de revisar el ejemplar impreso disponible en la Sala Tesis de la Biblioteca Agrícola Nacional "Orlando Olcese" UNALM.

## **8.2 ANEXO 6: PLANO DE PROPUESTA FINAL**



CONVENCIONES	
	3100.00 Curva de Nivel - topografía natural
	Vía pavimentada existente
	Camino interno sin pavimento
	Sistema de drenaje de lluvias
	Zanja de interceptación de lixiviados
	Canal interior de recolección de lluvias
	Cerco perimétrico
	Poza de lixiviados
	Vegetación de plataforma-parte plana
	Vegetación de plataforma-pendiente
	Chimeneas de biogás



## "Plan de cierre y recuperación ambiental del botadero de residuos municipales San José, Andahuaylas, Apurímac"

UBICACION	
Comunidad Unión Chumbao, Distrito San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac	
ELABORADO POR	
Roger Pérez Ccahuana	
PLANO	
Propuesta de cierre	
ESCALA	FECHA
1/200	AGOSTO 2016

