



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT_2025_FIAS-096

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“Propuesta de Diseño del Relleno Sanitario para el Tratamiento de Residuos Sólidos en el Distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, 2025”

Presentado por:

ESTACIO QUISPERIMA, AYDEE

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 3%** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° **20185804**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

17 de Diciembre del 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



TESIS:

**Propuesta de Diseño del Relleno Sanitario para el Tratamiento
de Residuos Sólidos en el Distrito de Chalhuanca, Aymaraes,
Apurímac, 2025**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

PRESENTADO POR:

ESTACIO QUISPERIMA, AYDEE

Ica, Perú

2026

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Situación problemática	11
1.2. Antecedentes de la investigación	13
1.2.1. Antecedentes internacionales	13
1.2.2. Antecedentes nacionales	16
1.2.3. Antecedentes locales	18
1.3. Bases teóricas	18
1.3.1. Relleno sanitario	18
1.3.2. Relleno sanitario mecanizado	19
1.3.3. Sitios donde se debe ubicar los rellenos sanitarios	19
1.3.4. Los principios fundamentales del relleno sanitario	19
1.3.5. Las instalaciones para el manejo de residuos sólidos	19
1.3.6. Generación diaria per cápita	20
1.3.7. Cálculos necesarios	20

1.3.8.	Los rellenos sanitarios se clasifican en diferentes categorías	22
1.3.9.	Tipos de rellenos sanitarios.....	22
1.3.10.	Metodología para el relleno sanitario	24
1.3.11.	La vida útil del relleno.....	26
1.3.12.	Residuos solidos.....	26
1.3.13.	Residuos sólidos domiciliarios.....	28
1.3.14.	Clasificación de residuos sólidos	28
1.3.15.	Impactos ambientales de los residuos.....	29
1.3.16.	Basura.....	31
1.3.17.	Técnicas de minimización de residuos solidos	31
1.3.18.	Gestión integral de residuos solidos	32
1.3.19.	Contenedor.....	33
1.3.20.	Sensibilización	34
1.3.21.	Botadero.....	34
1.3.22.	Caracterización de residuos	34
1.3.23.	Evaluación del manejo de residuos solidos.....	35
1.3.24.	Componentes ambientales afectados	35
1.3.25.	Impacto por el inadecuado manejo de residuos solidos.....	35
1.4.	Formulación del problema	36
1.4.1.	Problema general.....	36
1.4.2.	Problemas específicos	36
1.5.	Objetivos	37
1.5.1.	Objetivo principal.....	37
1.5.2.	Objetivos Específicos	37
1.6.	Hipótesis y variables de la investigación	37
1.6.1.	Hipótesis principal.....	37
1.6.2.	Hipótesis Específicas.....	37
1.7.	Variables	38

1.7.1.	Variable independiente	38
1.7.2.	Variable dependiente	38
1.7.3.	Operacionalización de variables	39
1.8.	Justificación e importancia	40
1.8.1.	Justificación	40
1.8.2.	Importancia	41
1.8.3.	Marco legal	43
II.	ESTRATEGIA METODOLOGICA.....	45
2.1.	Área de estudio	45
2.2.	Metodología de investigación.....	46
2.2.1.	Tipo, nivel y diseño de investigación	46
2.2.2.	Población y muestra	46
2.3.	Procedimiento de la metodología general	46
2.3.1.	Técnica de recolección de datos	46
2.3.2.	Instrumento de recolección de datos	46
2.3.3.	Análisis e interpretación de datos.....	46
III.	RESULTADOS.....	47
3.1.	Ubicación del estudio.....	47
3.2.	Participación ciudadana	52
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
V.	CONCLUSIONES.....	63
VI	RECOMENDACIONES	65
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relleno sanitario manual	23
Figura 2. Relleno sanitario semi - mecanizado.....	23
Figura 3. Relleno sanitario mecanizado	24
Figura 4. Método de trinchera o zanja	25
Figura 5. Método de área.....	25
Figura 6. Método combinado o mixto.....	26
Figura 7. Departamento de apurímac	45
Figura 8. Porcentaje de personas encuestadas	53
Figura 9. Proporción de encuestados	53
Figura 10. Interes en la construcción de un relleno	54
Figura 11. Conformidad con areas propuestas	54
Figura 12. Aprueban como ubicación el relleno sanitario.....	55
Figura 13. Ubicación del relleno sanitario	55
Figura 14. Disposición de residuos solidos	56
Figura 15. Charlas informativas	56
Figura 16. Opinión favorable sobre ejecución del proyecto.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operalización de variables	39
--	----

RESUMEN

La presente investigación titulada “Propuesta de diseño del relleno sanitario para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, 2025”, ¿Cómo puede diseñarse un relleno sanitario adecuado para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, considerando las características geográficas, sociales, ambientales y económicas? y como objetivo general, Diseñar un relleno sanitario adecuado para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, considerando las características geográficas, sociales, ambientales y económicas.

La población está compuesta por los habitantes del distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac.

La investigación es de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, que recogió la información teniendo como instrumentos: Guía de observación, fichas bibliográficas, GPS, cámara fotográfica, revisión de bases teóricas, Google maps, AutoCad, cuestionario de preguntas el cual estuvo constituido por preguntas sobre el tratamiento de residuos sólidos, los resultados se representan gráficamente y textualmente.

Palabras claves: *Diseño, relleno sanitario, tratamiento, residuos sólidos, habitantes.*

SUMMARY

This research, entitled "Design proposal for a sanitary landfill for solid waste treatment in the district of Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, 2025," aims to: "How can a sanitary landfill be designed for solid waste treatment in the district of Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, considering its geographic, social, environmental, and economic characteristics?" The overall objective is to design a sanitary landfill suitable for solid waste treatment in the district of Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, considering its geographic, social, environmental, and economic characteristics.

The population is comprised of residents of the district of Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac.

The research has a quantitative approach, a descriptive level and a non-experimental design, which collected information using the following instruments: Observation guide, bibliographic records, GPS, camera, review of theoretical bases, Google maps, AutoCad, questionnaire of questions which consisted of questions about solid waste treatment, the results are represented graphically and textually.

Keywords: *Design, landfill, treatment, solid waste, inhabitants.*

I. INTRODUCCIÓN

La disposición de residuos sólidos es desde hace largo tiempo un grave inconveniente en la comunidad en la que habitamos, este problema comienza cuando cada habitante se interesa únicamente en su eliminación, ignorando su destino final y las afecciones que causará al ambiente.

La gestión adecuada de los residuos sólidos se ha convertido en uno de los desafíos más urgentes a nivel global, especialmente en regiones en desarrollo como Perú. La acumulación descontrolada de desechos y la falta de infraestructuras adecuadas para su tratamiento generan serios problemas ambientales y de salud. En el contexto del distrito de Chalhuanca, en la provincia de Aymaraes, Apurímac, la situación de manejo de residuos sólidos es preocupante, ya que la disposición final de los mismos se realiza de manera inadecuada, generando impactos negativos sobre el entorno natural y la salud de la población. Este problema se ha visto exacerbado por la falta de conocimiento y de recursos para implementar un sistema de tratamiento eficiente.

El manejo de residuos sólidos y rellenos sanitarios enfrenta desafíos significativos, la infraestructura es insuficiente, con una falta de rellenos sanitarios adecuados, lo que lleva a la proliferación de vertederos informales, “En Perú 30 millones de personas producen alrededor de 21 mil ton de desechos municipal diarios, esto se traduce en una producción de desechos equivalente a 0.8 Kg/hab/día”[1].

“El ser humano en cada actividad que realiza genera todo tipo de residuos orgánicos e inorgánicos, estos pueden ser de origen urbano, industrial, agrario, médicos, laboratorios, etc”[2].

A nivel nacional, Perú enfrenta una crisis en la gestión de residuos, con más de la mitad de los desechos generados depositados en basureros informales, lo que representa una amenaza directa a la salud pública y al medio ambiente. En particular, en el distrito de Chalhuanca, los residuos sólidos son vertidos en áreas no habilitadas, como el botadero cercano al río, lo que contribuye a la contaminación hídrica y agrava la situación sanitaria. La falta de un relleno sanitario adecuado ha impulsado la necesidad de diseñar un sistema que contemple no solo la disposición final de los desechos, sino también el tratamiento de los lixiviados y la optimización de los recursos disponibles en la región.

En el Perú “se cuenta con 34 rellenos sanitarios en los que se disponen el 52% del total de los desechos producidos y el 48% sobrante se vierte en basureros, esas actividades no formales ponen en riesgo la salud de la ciudadanía, ya sea a las poblaciones aledañas como de los trabajadores no formales”[3].

A nivel global, “se generan más de una cantidad de 10 mil millones de ton de desechos urbanos, cuando 2 mil millones de personas no cuentan con servicios de recolección de residuos sólidos a su disposición y 3 mil millones no tiene acceso a instalaciones apropiadas para la eliminación adecuada de los desechos”[4].

“El país genera unas 20.000 toneladas de basura al día y casi la mitad de estos residuos acaban en 1.200 vertederos ilegales, hay un déficit de infraestructura de vertederos; actualmente sólo hay 24 vertederos autorizados en el país; se calcula que es necesario construir 270 vertederos”[5].

“En nuestro país, el problema de la gestión incorrecta de los residuos sólidos se manifiesta en el manejo inadecuado de los mismos”[6].

“Un objetivo para los países de la unión europea es reducir la cantidad de residuos que van a los vertederos en un 20% para 2010 y en un 50% para 2050”[7].

El distrito de Chalhuanca la gestión inadecuada de los residuos sólidos, la falta de infraestructura adecuadas para el tratamiento y disposición final, ha llevado a la acumulación de basura en sitios no apropiados lo que tiene un impacto negativo al medio ambiente y la afectación la salud de la población, Actualmente el botadero de Chalhuanca se encuentra al lado del río, lo cual contribuye a la contaminación del recurso hídrico, esto no solo agrava los problemas de la salud de la población, sino que también puede llevar a la degradación del hábitat natural y la pérdida de la biodiversidad, también será de utilidad como herramienta para la Municipalidad y autoridades de Chalhuanca donde podrán tener como base para la construcción del relleno sanitario.

Este estudio propone el diseño de un relleno sanitario adecuado para el tratamiento de los residuos sólidos del distrito de Chalhuanca, considerando sus particularidades geográficas, sociales, ambientales y económicas. La investigación busca analizar cómo un diseño técnico y funcional puede mitigar los impactos ambientales, mejorar la gestión de los residuos y promover el desarrollo sostenible en la comunidad. El diseño propuesto no solo atenderá las necesidades inmediatas de disposición de residuos, sino que también incorporará aspectos de educación ambiental, reciclaje y compostaje, con el objetivo de reducir la cantidad de desechos generados y maximizar la reutilización de los materiales.

A través de esta investigación, se pretende sentar las bases para la construcción de un relleno sanitario que sea funcional, eficiente y sostenible, con una vida útil que supere los 10 años y que pueda servir como modelo para otras comunidades rurales del país. El diseño se orientará a reducir

la contaminación, proteger la biodiversidad local y mejorar la calidad de vida de los habitantes de Chalhuanca, Aymaraes.

1.1. Situación problemática

Los residuos sólidos están más presentes hoy en día que en tiempos pasados por distintas causas, como el incremento de la población, las actividades agrarias, etc.

La gestión inadecuada de los residuos sólidos se ha convertido en una problemática creciente en muchas regiones del mundo, y el distrito de Chalhuanca, en la provincia de Aymaraes, Apurímac, no es la excepción. En la actualidad, la falta de infraestructura adecuada para la disposición y tratamiento de los residuos sólidos en este distrito genera impactos negativos tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Esta situación ha sido agravada por el vertimiento de desechos en lugares no habilitados, como el botadero ubicado cerca del río Chalhuanca, lo que ha provocado la contaminación de fuentes de agua vitales para la población y sus actividades agrícolas.

“Los residuos son un factor clave para el medio ambiente y la salud humana a causa de la mala gestión y el mal manejo de los residuos peligrosos y no peligrosos”[8].

En Perú, el manejo de residuos sólidos presenta serias deficiencias. Según estadísticas nacionales, alrededor del 48% de los residuos generados son depositados en basureros informales, lo que pone en riesgo la salud de las poblaciones cercanas y la de los trabajadores que, en su mayoría, no tienen las condiciones laborales adecuadas. Estos vertederos informales no solo contribuyen a la proliferación de enfermedades, sino que también causan daños a los recursos naturales, como el agua, el suelo y el aire, al no contar con los sistemas de tratamiento y control necesarios para evitar la contaminación.

La ausencia de un sistema de tratamiento adecuado contribuye al deterioro del paisaje urbano y a la proliferación de enfermedades.

“Hoy en día vivimos en un mundo en el que no sólo la basura es contaminante, sino también la luz, el ruido, como efecto del precipitado desarrollo urbano”[9].

“A lo largo de los años las personas han producido una gran variedad de residuos producto de sus actividades domésticas, comerciales e industriales”[10], “El manejo inadecuado de los residuos y causa daños afectando recursos como el agua, el suelo y el aire”[11].

“A nivel mundial, uno de los problemas ambientales más destacados en términos de contaminación es la generación de RR.SS”[12], “La naturaleza posee una capacidad limitada para absorber y procesar impactos no deseados”[13].

“La falta de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de Chambará, Perú, llegó a determinar un relleno sanitario de 10 años con trincheras manuales, se identificó la necesidad de un volumen de 5692 m³”[14].

“Los municipios fomenten proyectos integrales que busquen no solo disminuir la generación de residuos, sino también crear conciencia sobre su impacto”[15].

Los residuos sólidos en los países desarrollados son mejor tratados en su destino final; en cambio, en los países en desarrollo, este manejo es casi insignificante.

“El empleo de botaderos está prohibido por los impactos ambientales adversos que ocasionan, de acuerdo a la norma vigente que establece en específico la Ley No. 1278, la cual determina que la manera más adecuada para llevar a cabo una adecuada disposición final de la base es a partir de gravas sanitarias”[16].

El distrito de Chalhuanca enfrenta un escenario aún más complejo, ya que el actual botadero está ubicado en un terreno cercano al río, lo que facilita la contaminación del agua con lixiviados (líquidos resultantes de la descomposición de los residuos). Estos lixiviados pueden ser tóxicos y representar un riesgo tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Además, la acumulación de basura en sitios no controlados produce un ambiente propenso a la proliferación de plagas, lo que aumenta los riesgos de enfermedades transmitidas por insectos y roedores, y compromete la calidad de vida de los habitantes.

Pese a que existen normativas nacionales y regionales que regulan la gestión de residuos sólidos, en Chalhuanca no se cuenta con un relleno sanitario diseñado bajo criterios técnicos y ambientales que garanticen una disposición final segura y sostenible.

Frente a este escenario, surge la necesidad urgente de diseñar e implementar un relleno sanitario que cumpla con los estándares técnicos establecidos, mitigar los impactos ambientales y sociales generados por la actual disposición de residuos y contribuya al desarrollo sostenible del distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac.

Por otro lado, la falta de conciencia ambiental y de una adecuada educación en la gestión de residuos también contribuye al problema. Muchas personas no comprenden la importancia de separar y tratar adecuadamente los residuos en su origen, lo que lleva a la acumulación de desechos no reciclables junto con los reciclables y compostables, dificultando el proceso de reutilización de materiales y la reducción de residuos. A esto se suma la limitada infraestructura de reciclaje y la falta de incentivos económicos para que la comunidad participe activamente en la reducción y reutilización de residuos.

La ausencia de un relleno sanitario adecuado en Chalhuanca no solo agrava estos problemas, sino que también limita las opciones para la disposición final de los residuos,

lo que contribuye a la expansión de vertederos informales que, además de ser una amenaza para la salud pública, también afectan negativamente el paisaje y los recursos naturales de la región. Si no se toman medidas urgentes, este problema continuará creciendo y tendrá consecuencias aún más graves en el futuro.

Es crucial, por tanto, que se diseñe e implemente un relleno sanitario que contemple todas las características geográficas, sociales, económicas y ambientales del distrito de Chalhuanca. Este diseño debe garantizar no solo una disposición final adecuada de los residuos, sino también el tratamiento de los lixiviados y gases generados, la protección del entorno natural, y la mejora de la calidad de vida de la población.

1.2. Antecedentes de la investigación

1.2.1. Antecedentes internacionales

Cajamarca et al., en su tema de investigación sobre “Diseño preliminar de un relleno sanitario para la gestión de desechos sólidos del cantón Guano, aterrizaje en el siguiente resultado”[17]

“Se ha identificado la zona en la que se pretende operar, luego se ha determinado la magnitud de desechos que entra a diario a la celda emergente a partir de los vehículos recolectores, después se ha determinado el tamaño de las muestras y dividido de acuerdo a las vías de recogida actuales, las cuales serán recogidas a lo largo de 45 días”[17], “Se opta por aplicar un relleno sanitario semimecanizado pues las mediciones se enmarcan en sus estándares de medición previstos, en el caso de la población, se excede el límite inferior de 30.000 personas, en cuanto a la generación diaria de residuos, se tienen 18,34 toneladas/día, cifra que se encuentra en su rango de medición, ya que se necesita un mínimo de 6 toneladas/día y un máximo de 50 toneladas/día”[17].

Pozo et al., en su estudio de investigación “Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador, tuvo como conclusión”[18]

“En una investigación, aplicada, cuantitativa de enfoque mixto y descriptiva, los resultados determinaron que la producción de residuos para el 2022 sería de 17922.60 toneladas, con 6426,42 ton de residuos orgánicos, 10868,89 ton de materiales reciclables”[18], “En conclusión, demostraron que la aportación de la población y la educación ambiental son indispensables para el éxito de tales iniciativas”[18].

Moreno en su estudio “Propuesta para el manejo de residuos sólidos en el relleno sanitario del Distrito Especial de Barrancabermeja-Santander, tuvo como conclusión”[19]

“La falta de conocimiento y conciencia de la ciudadanía sobre la selección en la fuente, lo que provoca que no exista una cultura de reciclado en la localidad y que los domicilios, colegios y lugares colectivos sean agentes que generan residuos con un alto desaprovechamiento y desperdicio de insumos”[19], “Es necesario hacer un llamado al gobierno para que realice asociaciones público-privadas orientadas a la inversión en la estructura del relleno sanitario, a fin de disponer de la tecnología para el correcto tratamiento de los residuos, atenuando los efectos ambientales que repercuten en los ecosistemas y en las comunidades cercanas y pobladores de este ámbito territorial”[19].

Huérfano En su presente investigación “Impactos ambientales sobre el manejo de residuos sólidos del relleno sanitario de doña Juana en Bogotá, D.C., tiene como resultados”[20].

“La ampliación y extensión del Relleno Sanitario Doña Juana conlleva a graves consecuencias en el corto, mediano y largo plazo en el territorio de Mochuelo, ya que en este instante es la única solución para la ciudad de Bogotá y los municipios cercanos en la disposición final de las basuras, en este sentido el imaginario social sobre la calidad de vida de los bogotanos afecta no solo el bienestar de los vecinos del RSDJ sino de todos los seres vivos, especialmente de los ecosistemas cercanos como el río Tunjuelo”[20], “Por ello, es pertinente tener en cuenta los desastres que han ocurrido en la RSDJ y todo lo que han tenido que soportar los habitantes cercanos. Se reconoce que el RSDJ es actualmente el único lugar donde se depositan los residuos de la ciudad de Bogotá y de los municipios aledaños”[20].

Gavillanez En su estudio de investigación “Plan de manejo ambiental para un botadero de basura, caso de estudio Cantón Guamote, tuvo como conclusión”[21]

“En la mayoría de los casos, la recogida de residuos sólidos es indiscriminada, mezclando diferentes tipos de residuos en un mismo vehículo de recogida”[21], “El impacto total del botadero en la zona de estudio, según la metodología planteada, es significativo, ya que los mayores impactos se producen a nivel local”[21].

Carrión En su tema de investigación sobre “Evaluación de impactos ambientales del botadero municipal del cantón arenillas, aterriza en el siguiente resultado”[22].

“A través de la matriz causa-efecto de Leopold, metodología utilizada en la evaluación y valoración de la dimensión e importancia de los impactos ambientales producidos por las actividades del vertedero, se determinaron como potenciales impactos negativos: la alteración de la calidad del suelo por la generación de lixiviados, la alteración de las aguas subterráneas por los lixiviados y el conflicto por la generación de enfermedades por la mala disposición de los residuos”[22], “Sin embargo, también se detectaron impactos positivos, como la generación de empleo y la compensación social por los daños causados por el vertedero. La elaboración del plan de acción prevé actividades, estrategias y directrices necesarias para reducir, mitigar y compensar los impactos ambientales y sociales generados por el incumplimiento del plan de gestión ambiental del vertedero municipal”[22].

Monobanda en su estudio de investigación “Caracterización de los residuos sólidos urbanos del botadero municipal de Quinsaloma y el efecto que genera el lixiviado en el estero”, tiene como conclusión”[23]

“Los parámetros DBO5 (53 mg/l), Zinc (0,0701 mg/l), Coliformes Fecales (5040 NMP/100 ml), Cobre (0.0196 mg/l) e Hierro (0.1506 mg/l) exceden con lo establecido en las tabla 2 y 3 del anexo 1 de la Normativa Nacional, Acuerdo Ministerial 097ª)”[23], “Se sugiere que se aplique un plan de gestión de lixiviados en el botadero municipal para disminuir la carga contaminante total del curso de agua en las cercanías”[23].

Angulo En su estudio de investigación “Deterioro ambiental y afectaciones en la salud pública como resultado de la inadecuada implementación del relleno sanitario en Córdoba, tuvo como conclusión”[24].

“El relleno sanitario del municipio de Córdoba, donde se depositan a diario los residuos urbanos provenientes de las actividades domésticas, comerciales, institucionales e industriales del distrito de Buenaventura, no cuenta con las condiciones técnicas requeridas para un sistema de disposición final de este tipo, de acuerdo con la legislación nacional que establece las condiciones técnicas para el depósito final de los residuos sólidos en sistemas adecuados para esta acción”[24], “Lo que se observa

en el contexto es un relleno sanitario a cielo abierto que afecta a la comunidad de Córdoba desde hace alrededor de dos décadas, debido a que los lixiviados generados por la descomposición de los residuos inciden de forma directa en la comunidad como consecuencia de no contar con un sistema técnico de protección del medio ambiente”[24].

1.2.2. Antecedentes nacionales

Muñoz en su estudio de investigación “Propuesta de un diseño de relleno sanitario en el distrito de Pachamarca, Provincia Churcampá, Huancavelica, 2022, nos da como resultado”[25]

“Se llevó a cabo una investigación básica con un diseño de estudio transversal descriptivo no experimental, con una muestra de 616 casas”[25], “Los resultados obtenidos son los siguientes: el vertedero dispondrá de una viabilidad útil de 10,59 años, es de tipo manual con el sistema de zanjas, tiene un volumen útil estimado de 10035,11 m³ para lo que son necesarias 3 zanjas, de una longitud superior de 65 m, una anchura superior de 25 m, una altura de 2,5 m, una longitud menor de 60 m y una anchura menor de 20 m. Asimismo, es necesaria una superficie mínima de 5173,24 m²”[25].

Arhuata en su estudio “Propuesta de diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos del Distrito de Acora, Puno - 2023, concluyo”[26]

“Se aplicaron los procesos establecidos por la guía de caracterización de residuos sólidos del MINAM a fin de dimensionar un relleno sanitario adecuado para la disposición final de desechos sólidos, planteando su localización en el territorio del sector, mediante cálculos matemáticos de ingeniería de acorde a la producción de residuos con una vida hábil de 10 años”[26], “se obtuvieron los siguientes valores, proyectándose un relleno sanitario manual en el año 2033 de modalidad zanja, con capacidad de 31426,5m³ ; en un espacio de 6809,077m² ; con dimensión para las zanjas de 3m de fondo; 6 metros de anchura y 19,51m de longitud; necesitando 48 zanjas”[26].

Capcha en su estudio “Diseño de relleno sanitario en el distrito de Moya, Huancavelica, aterriza en el siguiente resultado”[27]

“Su investigación fue descriptiva y un enfoque cuantitativo, como resultado determino que se necesita un espacio de 1967.80m² para el relleno sanitario, además se determinó que el 72 % de residuos no es re aprovechable”[27], “Se concluye que la alternativa para los residuos en Moya es un relleno sanitario

manual, considerando la cantidad de residuos sólidos generados por persona y la estimación de desechos sólidos para 10 años”[27].

Chávez En su estudio “Impacto ambiental generado por el botadero de residuos sólidos en un caserío de la ciudad de Chota, concluyo que”[28]

“Los impactos ambientales producidos fueron calificados en su mayoría como impactos negativos significativos y muy significativos sobre la mayoría de los factores ambientales del medio; determinándose una marcada contaminación del suelo, del aire, del agua, del paisaje, de la flora y la fauna y de los niveles de ruido, que alcanzaron un valor de impacto considerado como severo según la Matriz Bidimensional”[28], “Se propone un plan de gestión de residuos sólidos urbanos para la ciudad de Chota, basado en el Paradigma de Basura Cero y en lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 900.058:2005, que regula el uso de contenedores de colores para cada tipo de residuos sólidos urbanos”[28].

Chucos en su estudio de investigación sobre “Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero el porvenir-El tambo, nos da como resultado”[29].

“Según la información recabada, el distrito de El Tambo ha tenido problemas en su gestión de residuos sólidos, especialmente en la disposición final de los mismos en vertederos controlados e informales”[29], El botadero actual es el de El Porvenir, que se encuentra detrás de la finca El Porvenir, donde hay una reserva de árboles y también está cerca del río Mantaro. Este vertedero está controlado y recibe 180 toneladas de residuos diariamente, está clasificado como un vertedero muy grande que representa un alto riesgo y está situado a menos de 1 km de un número considerable de viviendas”[29].

López En su estudio de investigación sobre “Impacto ambiental generado por el botadero de residuos sólidos en el Caserío Rambrán, Distrito de Chota, aterrizando en el siguiente resultado”[30].

“La magnitud de los residuos sólidos que se vierten en el botadero del caserío de Rambrán; distrito de Chota es de 11,37 toneladas diarias, las cuales son transportadas diariamente desde su generación en la ciudad de Chota, hasta su disposición final en el vertedero del caserío de Rambrán”[30], “En relación al monitoreo de factores ambientales como el aire, algunos gases como el Sulfuro de Hidrógeno (H₂S), Dióxido de

Azufre (SO₂) y Ozono (O₃) superaron los LMP establecidos por el DS 003 - 2017 - MINAM., Se propone un Plan de Mitigación y Prevención de Impactos como Plan de Manejo de Residuos Sólidos”[30].

Bernilla et al., En su estudio “Impacto ambiental del botadero de la ciudad de Ferreñafe-2019, tuvo como conclusión”[31]

“Se identificaron las actividades existentes en el botadero de Ferreñafe que puedan ocasionar impactos ambientales, entre ellas el depósito de residuos, la quema de residuos, la presencia de olores, el reciclaje, la presencia de aves de corral, los vectores y los lixiviados”[31], “la evaluación del impacto ambiental efectuada en el botadero mediante la matriz de leopold mostró que los mayores impactos ambientales (impactos muy altos) son provocados por las actividades relativas al depósito de residuos y lixiviados, que afectan al aire debido a la descomposición de la materia orgánica, y también afectan a la estructura y calidad del suelo, así como la quema de residuos, que afecta a la cubierta vegetal, la fauna, el uso del suelo, la estética y el interés humano”[31].

1.2.3. Antecedentes locales

Se ha revisado la bibliografía en relación al tema de investigación y no se ha encontrado investigación al respecto.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Relleno sanitario

“Los rellenos sanitarios a lo largo del tiempo han llevado a una mayor eficiencia e incorporación de tecnologías avanzadas, una vez que estas zonas de descarga de residuos alcanzan su capacidad máxima, pueden ser recubiertas y reutilizadas para diversos propósitos, entre las estructuras más comúnmente construidas sobre rellenos sanitarios se encuentran parques, estadios deportivos, estacionamientos y áreas recreativas, son zonas designadas en la superficie donde se depositan los desechos sólidos después de ciertos tratamientos, el área de acumulación se prepara de antemano con la meta de prevenir la degradación del suelo y la contaminación del agua y aire”[32].

“Es un método de control definitivo para deshacerse de los desechos en la superficie, consiste en un área especialmente preparada y acondicionada

donde se depositan los residuos de forma ordenada y compactada, con capas de material de cobertura para reducir los impactos ambientales y reducir la emisión de malos olores y la proliferación de plagas”[33].

1.3.2. Relleno sanitario mecanizado

“Se refiere a una tecnología empleada para el manejo y eliminación definitiva de residuos sólidos generados por comunidades que producen más de cincuenta (50) toneladas por día, en este tipo de relleno sanitario mecanizado, las tareas diarias como esparcir, compactar, suministrar tierra para cobertura y cubrir los residuos se llevan a cabo utilizando equipos mecánicos”[34].

1.3.3. Sitios donde se debe ubicar los rellenos sanitarios

“Un relleno sanitario correctamente operado no debería generar molestias para la población”[34].

“Es recomendable ubicar el sitio del relleno lejos de áreas densamente pobladas, con la previsión de utilizarlo como un espacio verde al finalizar su tiempo útil”[34].

“Aunque se propone que la ubicación del relleno sanitario esté cerca del centro urbano al que se basa va a ser

vir, debido a los menores costos de transporte de residuos, se tiene que considerar la normativa de los residuos sólidos, que establece que debe existir una distancia de 1 km entre relleno sanitario y la población local más cercana”[34].

1.3.4. Los principios fundamentales del relleno sanitario

“La supervisión constante durante el vaciado, recubrimiento y la compactación de la celda es esencial para preservar el relleno sanitario en condiciones buenas lo que se requiere es un personal capacitado, para lograr esos objetivos, se aplica los siguientes principios: La medida vertical de la celda preferiblemente entre 1 m a 1.5 m, la compactación diaria de los desechos en niveles de 0.20 a 0.30, son cruciales para su estabilidad y densidad”[35].

1.3.5. Las instalaciones para el manejo de residuos solidos

“Incluyen diferentes tipos, como las de aprovechamiento, instalaciones de transferencia, las instalaciones de tratamiento y las instalaciones de eliminación final, si se demuestra que son útiles para el ciclo de gestión de los residuos, se puede agregar otras infraestructuras”[36].

1.3.6. Generación diaria per cápita

“Hace referencia a la cantidad de residuos producidos por un individuo, expresada en términos de kg/hab/día”[37].

1.3.7. Cálculos necesarios

▪ Crecimiento poblacional

“Se trata de la estimación de la cantidad de personas que se espera que vivan en un determinado lugar en un año determinado”[38], según la guía se usa la siguiente formula

Formula 1. Población futura

$$P_f = P_a * (1 + T_{CP} \% / 100)^n$$

Donde:

P_a = Población o actual (hab)

P_f = Población futura (hab)

$T_{CP} \%$ = Tasa de crecimiento anual poblacional, esto será proporcionado por el INEI

n = Es la diferencia del número de años

▪ Generación per cápita

“La cantidad de residuos producidos por cada individuo se obtiene a través de estudios de caracterización o PIGARS, se recomienda estimar la generación per cápita futura con un incremento anual del 0.5% al 1%”[34].

“La estimación de la GPC se puede obtener midiendo la cantidad de desechos sólidos recolectados por la municipalidad y dividiendo esta cantidad entre la población”[39],

se tiene la siguiente formula según la guía:

Formula 2. Generación de RS por persona

$$GPC = CRR / Pob$$

Donde:

GPC = Generación per cápita (Kg/hab/día)

CRR = Cantidad de residuos recolectados (kg)

Pob = Población (Nº Hab)

▪ **Cálculo del volumen requerido**

“Para determinar los volúmenes de almacenamiento en zanjas y plataformas”[34], se puede utilizar la siguiente formula:

Formula 3. Volumen de la trinchera

$$V = \frac{1}{3} h(axb + cxd + \sqrt{(axb) \times (cxd)})$$

Donde:

V = volumen de la trinchera

h = altura de la trinchera

b = ancho de la trinchera

a = largo de la trinchera

c = profundidad típica de la trinchera

d = tensión en las trincheras

▪ **Volumen de residuos sólidos municipales**

“Se basa en la correlación entre la cantidad de desechos sólidos a depositar y la densidad de los que se han compactado y estabilizado recientemente”[39], se puede expresar de la siguiente manera, según la guía:

Formula 4. Volumen diario

$$V_{diario} = \frac{DS_p}{Drsm}$$

Donde:

V_{diario} = volumen de los residuos a disponer en un día (m³)

DS_p = Es la cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

$Drsm$ = Es la densidad de desechos recién compactados (400 a 500 kg/m³) y estabilizados (500 a 600 kg/m³)

- **Volumen del relleno sanitario**

“La estimación del volumen del relleno durante el primer año, se define con la siguiente formula”[39], conforme la guía

Formula 5. Capacidad total del relleno sanitario

$$VRS = V_{anual} \times MC$$

Donde:

VRS = volumen del relleno sanitario ($m^3/año$)

MC = Es el factor de material de cobertura (20% - 25%)

- **Cálculo de vida útil del relleno**

“El término vida útil de un relleno sanitario, se refiere al periodo de tiempo, en años, durante el cual un lugar destinado para la eliminación final de los desechos sólidos de la comunidad se utilizará”[34].

“La duración de la vida útil del sitio está determinada por varios factores, como el volumen disponible del área, la cantidad de residuos sólidos a ser depositados y el método de operación utilizado”[34].

1.3.8. Los rellenos sanitarios se clasifican en diferentes categorías

“Existen diferentes clasificaciones para los rellenos sanitarios, esto dependerá mucho de su tamaño capacidad, tecnología que se va usar y si es que cumple con la normativa ambiental. Se categorizan en función de la cantidad de residuos sólidos generados diariamente, tomando en cuenta diversos criterios”[38].

1.3.9. Tipos de rellenos sanitarios

a) Relleno sanitario manual

“Cuando hay más mano de obra disponible que maquinaria, se utilizara la tecnología de relleno sanitario manual, es adecuado para comunidades que producen hasta seis toneladas de desechos sólidos diariamente”[38], “Los trabajadores emplean herramientas básicas para dispersar, compactar y cubrir los desechos, mientras que el equipo pesado se utiliza solo para la construcción y preparación del sitio. Esta técnica permite a las comunidades con recursos limitados disponer

adecuadamente de sus desechos sólidos sin necesidad de adquirir maquinarias”[38].

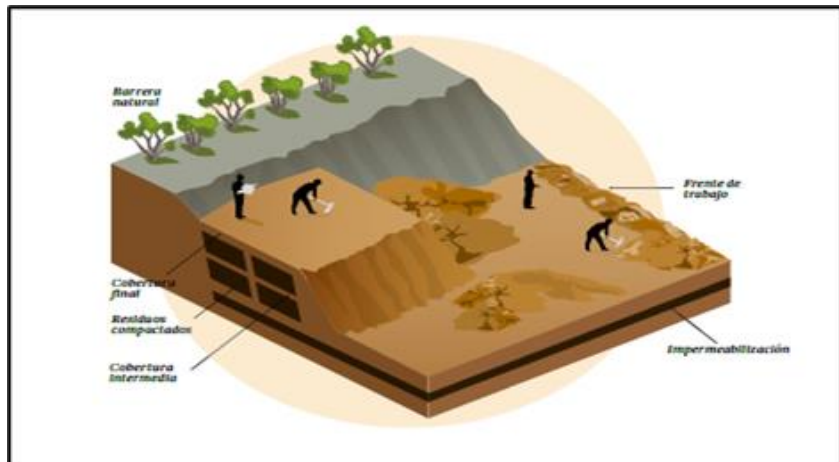


Figura 1. Relleno sanitario manual

b) Relleno sanitario semi – mecanizado

“En este tipo de relleno, as operaciones diarias como dispersar, compactar y cubrir los residuos sólidos se realizan utilizando equipo mecánico, como tractores de orugas o cargadores frontales”[38], “También se pueden emplear herramientas manuales para tareas complementarias relacionadas con el manejo y tratamiento final de los residuos”[38].

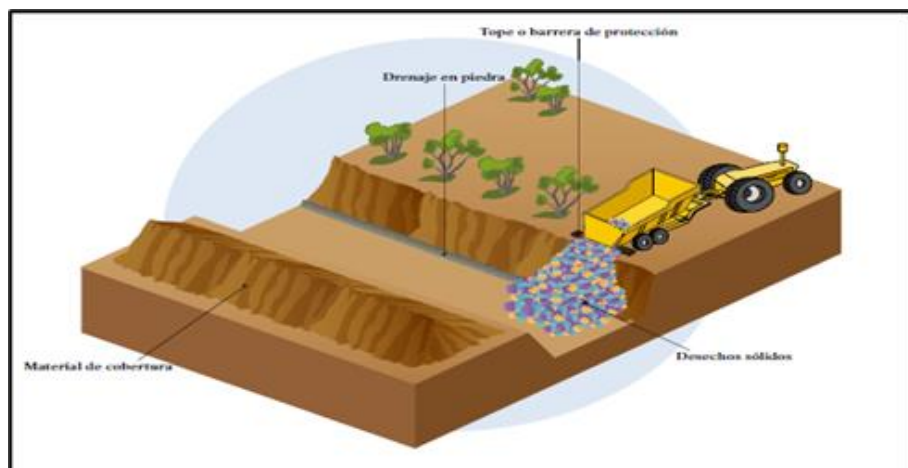


Figura 2. Relleno sanitario semi - mecanizado

c) Relleno sanitario mecanizado

“Este tipo de relleno sanitario funciona solo con maquinaria, incluyendo tractores de oruga y cargadores frontales”[38], “Su

capacidad diaria de operación es superior a las 50 toneladas de residuos, la característica distintiva de este tipo de relleno es que las actividades diarias, como la dispersión, el proceso de comprimir, tierra para cubrirlos y realizar la cobertura adecuada, se llevan a cabo utilizando maquinaria”[38].

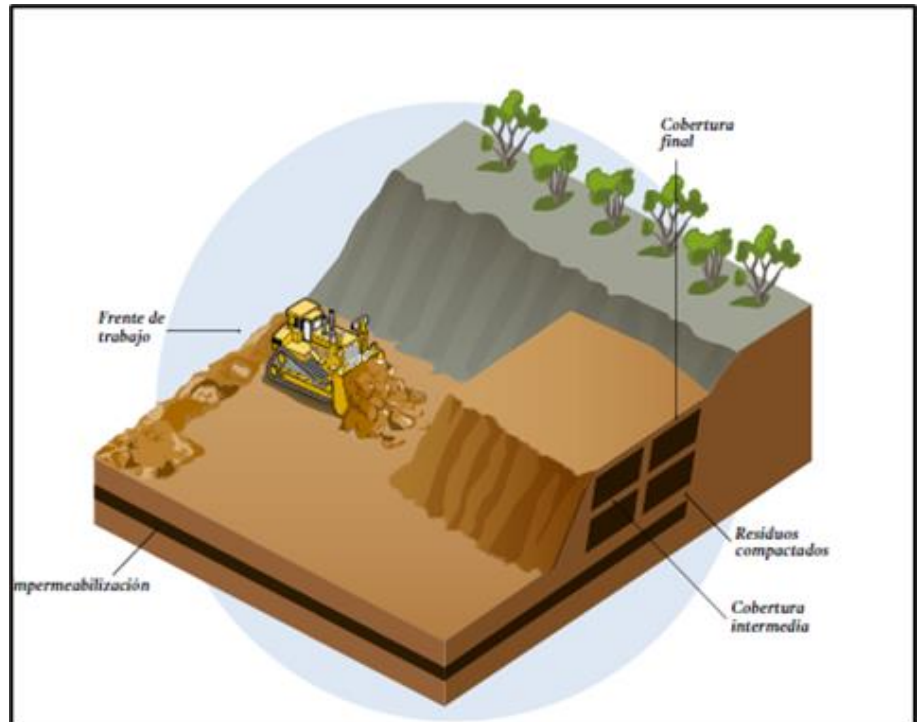


Figura 3. Relleno sanitario mecanizado

1.3.10. Metodología para el relleno sanitario

❖ Método de trinchera o zanja

“Este enfoque implica colocar los residuos sólidos en capas sobre un terreno inclinado en una zanja, donde se distribuyen y compactan con maquinaria adecuada”[34], “Posteriormente, se cubre la celda con el suelo removido de la zanja, realizando esta tarea por lo menos una vez diariamente. Este método se utiliza en donde las aguas subterráneas son profundas, donde las pendientes no son tan elevadas”[34].

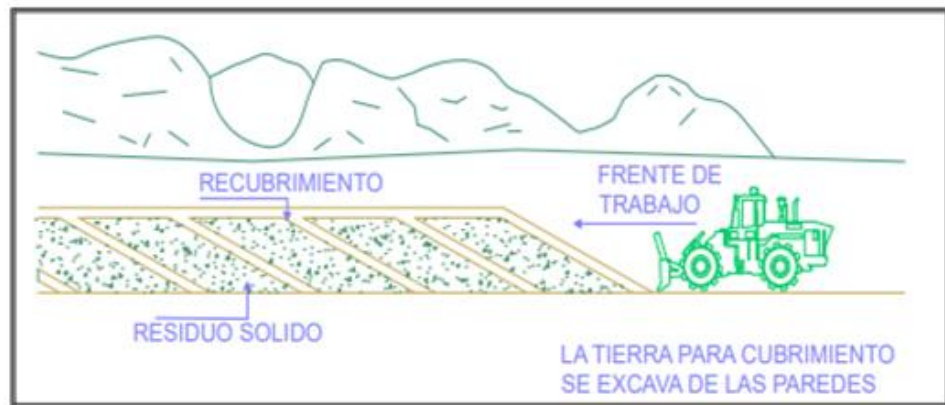


Figura 4. Método de trinchera o zanja

❖ Método de área

“Los desechos se depositan en capas inclinada en 60 cm sobre un talud inclinado mediante este método, que es similar al de la trinchera”[34], “Las celdas formadas se cubren con tierra, se construyen celdas desde un extremo hasta el otro del área y se puede utilizar en diferentes tipos de terreno, arroyos, áreas llanas y humedales contaminados, es importante que el material de cobertura se transporte desde lugares cercanos del área”[34].

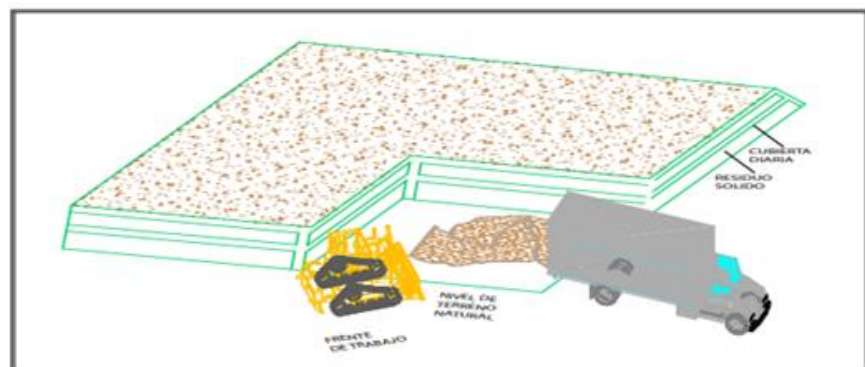


Figura 5. Método de área

❖ Combinación de ambos métodos

“Se consideran muy efectivos porque reducen el costo del transporte del material de cubierta y ayudan a extender la duración efectiva del relleno sanitario”[34], “En algunas situaciones, cuando las características geo hidrológicas, topográficas y físicas son favorables, se pueden combinar los dos métodos mencionados anteriormente, también se puede usar el método de trinchera al principio y luego seguir con el método de área en la parte superior, una variación del método combinado, es comenzar con el método de

área, lo que implica extraer el material de la capa que se coloca en la base de la pendiente y construir una trinchera para el relleno”[34].

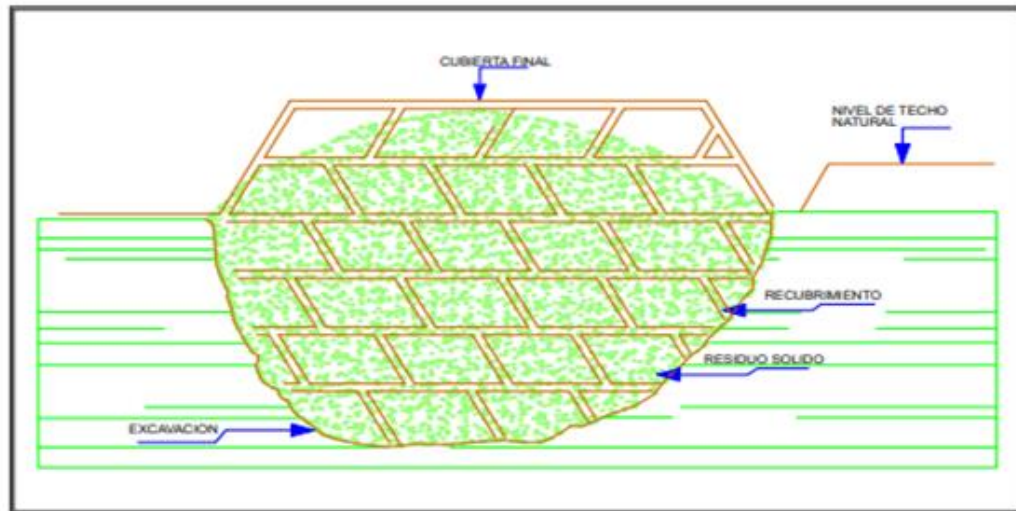


Figura 6. Método combinado o mixto

1.3.11. La vida útil del relleno

“La duración de un relleno sanitario es la etapa de tiempo en años que se utiliza un lugar destinado para la eliminación de los desechos sólidos. Depende del volumen disponible, la cantidad de desechos y la forma en que se opera”[38].

La vida útil de un relleno sanitario se refiere al período de tiempo durante el cual el sitio sigue siendo eficaz para recibir y gestionar residuos sólidos sin comprometer el medio ambiente ni la salud pública. Este período está determinado por factores como la capacidad de recepción del relleno, las características del terreno, las técnicas de manejo de residuos implementadas y las condiciones climáticas del área. A medida que el relleno se va llenando, es necesario aplicar estrategias de compactación, cobertura y monitoreo para prolongar su vida útil. La vida útil también puede verse afectada por el tipo de residuos depositados, ya que algunos generan más impactos ambientales que otros. En términos generales, la vida útil de un relleno sanitario se estima con base en la cantidad de residuos que puede manejar de manera segura, por lo que, al agotarse, se debe considerar su cierre y la rehabilitación del área para evitar efectos negativos a largo plazo.

1.3.12. Residuos sólidos

“Un residuo sólido es cualquier elemento, compuesto o sustancia, principalmente en estado sólido”[40].

“Los residuos sólidos son subproductos en forma sólida de las actividades de manufactura y consumo que, aunque en un principio se desechan, tienen la capacidad de ser reutilizados o procesados para su reciclaje. Si no hubiera un manejo adecuado, estos materiales pueden convertirse en fuentes de contaminación ambiental”[41].

La Ley General de Residuos Sólidos N°27314. “Considera que los residuos sólidos son aquellos materiales sobrantes de las actividades humanas, considerado por su generador como desechable”[42].

“Los residuos son definidos como materiales generados por diversas actividades, tales como las domésticas, comerciales, industriales, de servicios o institucionales, estos residuos tienen el potencial de ser reutilizados o aprovechados en nuevos procesos productivos, aunque no siempre se les otorgue este destino”[11].

Los residuos sólidos son materiales generados por las actividades humanas en diversas formas y contextos, tales como actividades domésticas, comerciales, industriales, de servicios e institucionales. En términos generales, un residuo sólido es cualquier elemento, compuesto o sustancia, principalmente en estado sólido, que surge como subproducto del proceso de manufactura o consumo. Aunque inicialmente estos materiales son desechados, tienen el potencial de ser reutilizados, reciclados o procesados para su aprovechamiento en nuevos ciclos productivos, contribuyendo así a la reducción de su impacto ambiental.

Sin embargo, si no se gestionan de manera adecuada, los residuos sólidos pueden convertirse en una importante fuente de contaminación ambiental, afectando la calidad del aire, agua y suelo. La Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 establece que estos materiales son considerados desechables por quienes los generan. Esta definición subraya la importancia de implementar sistemas de manejo y reciclaje eficientes para maximizar su aprovechamiento y evitar los efectos adversos sobre el entorno. La gestión adecuada de los residuos sólidos no solo depende de la recolección, sino también de su clasificación, tratamiento y disposición final de manera responsable.

1.3.13. Residuos sólidos domiciliarios

“Se trata de los residuos derivados de las actividades de cada vivienda, como los restos de comida, los restos de cocina, el papel, etc., que pueden utilizarse en la producción de alimentos y otros productos”[45].

Los residuos sólidos domiciliarios son aquellos que se generan como subproductos de las actividades cotidianas realizadas dentro del hogar. Estos incluyen una amplia variedad de materiales, como restos de comida, cáscaras de frutas y verduras, residuos orgánicos de la cocina, papel, cartón, envases plásticos, vidrios, metales y otros elementos desechados en las viviendas. Aunque en su mayoría son considerados desechos, muchos de estos residuos tienen un alto potencial para ser reutilizados o reciclados en diversos procesos productivos. Por ejemplo, los residuos orgánicos, como los restos de comida, pueden ser aprovechados en la producción de abonos para su uso en jardinería o agricultura, reduciendo la cantidad de basura que se genera y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

El reciclaje de materiales como el papel, plástico, vidrio y metal también permite su transformación en nuevos productos, lo que reduce la necesidad de extraer recursos naturales y disminuye la contaminación asociada con la producción de nuevos materiales. Sin embargo, el manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios es crucial para evitar que se conviertan en fuentes de contaminación. La implementación de programas de separación de residuos, compostaje y reciclaje a nivel doméstico es fundamental para minimizar su impacto ambiental y maximizar su aprovechamiento, fomentando una cultura de responsabilidad y sostenibilidad en la gestión de residuos a nivel individual y comunitario.

1.3.14. Clasificación de residuos sólidos

“De acuerdo con la normativa legal establecida en el DL. N°1278 en el artículo 31, los desechos sólidos se dividen en peligrosos y no peligrosos, según la entidad competente para su gestión se clasifica: municipales y no municipales”[46].

En el artículo 32 menciona los procesos que se debe seguir para el manejo de residuos sólidos, comprende lo siguiente:

- Limpieza y mantenimiento de espacios públicos
- Segregación

- Almacenaje
- Recolección
- Valorización
- Transporte
- Transferencia de residuos
- Tratamiento
- Disposición final

1.3.15. Impactos ambientales de los residuos

“La mala gestión de los residuos sólidos provoca una serie de impactos negativos que afectan al ecosistema natural y a la salud de las personas; se define como impacto ambiental el efecto producido por una concreta acción humana sobre el medio ambiente, provocando una alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo”[47].

“El ser humano se ha enfrentado a los sucesivos problemas en su relación con el medio ambiente, siendo uno de ellos la liquidación de los residuos, Al concentrarse el ser humano y formar ciudades, se produce un incremento en el volumen de residuos producidos, siendo cada vez más compleja la eliminación o desecho de los mismos”[48].

El problema de la mala gestión de los residuos sólidos afecta a varios factores medioambientales como:

Recurso hídrico: “Las masas de agua integran este grupo: las aguas superficiales, que son los ríos, los lagos, las lagunas, los arroyos, los océanos, las montañas nevadas, los glaciares; y las aguas subterráneas, que son los manantiales y los pozos”[48].

Contaminación de las aguas superficiales, se da por:

Materia orgánica: “materia orgánica ($C_xH_yO_z$) a causa de las bacterias, los microorganismos y el oxígeno, produce compuestos que acidifican el agua, eliminando el oxígeno preciso para las especies acuáticas y contaminando también las aguas superficiales o de consumo humano, lo que provoca problemas de salud”[48].

Taponamiento y represamiento de caudales: “se refiere a cuando hay residuos o cualquier elemento que puede represar el curso normal de un río o arroyo,

alterando el flujo normal del agua, si hay una gran acumulación de residuos, los cauces de los ríos se embalsan, provocando inundaciones y pudiendo perjudicar a las familias que viven cerca de las fuentes de agua, afectando también a las zonas de cultivo”[48].

Contaminación de las aguas subterráneas: “El suelo absorberá el líquido y éste lo llevará a las fuentes de agua, se considera que los tratamientos de descontaminación de las fuentes de agua son muy costosos y pueden afectar a las comunidades que dependen de este recurso”[48].

Recurso atmosférico: “Cuando los residuos sólidos se desintegran, se generan malos olores y gases, de los cuales los más preocupantes son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), que contribuyen al efecto invernadero. Este proceso de degradación puede controlarse con prácticas adecuadas de gestión de residuos sólidos y puede lograrse mediante la incineración técnica, la eliminación en vertederos o en vertederos especializados y regulados”[48].

“Además, cuando los residuos se queman de forma incontrolada, son perjudiciales porque los humos generados y el material particulado, que es un conjunto de partículas en suspensión, afectan al sistema respiratorio humano y también contribuyen al efecto invernadero y causan otros efectos negativos”[48].

Recurso suelo: “Se trata del factor más directamente afectado por la insuficiente disposición final de los residuos sólidos, ya que es el lugar donde se eliminan los residuos, por ejemplo, los lixiviados penetran en el suelo, afectando a su productividad y destruyendo los microorganismos (gusanos, bacterias, hongos, musgos, etc.) que viven en él”[48].

“Esto ocasiona la pérdida de productividad del suelo, lo que puede intensificar el proceso de desertización del mismo, los residuos permanentes en el suelo evitan la restauración de las plantas en las zonas tratadas y también pueden ver la aparición de plagas y animales (ratas, palomas, cucarachas, moscas y mosquitos) que causan enfermedades a las personas”[48].

Recurso paisajístico: “Esto se ve reflejado en la imagen de los basureros, que puede ser competencia de las autoridades o de la propia población por falta de cultura ambiental, la existencia de basura en áreas abiertas estropea el paisaje natural o urbano, afectando la salud humana porque ocasiona estrés, dolores de cabeza, trastornos de atención, reducción de la eficiencia laboral, mal humor y otros problemas que repercuten en la calidad de vida”[48].

1.3.16. Basura

La basura “son los desechos mixtos producidos por la actividad humana en los que puede ser doméstico, industrial, comercial o de servicios, en el que su destino final depende de la persona titular o poseedora y puede ser en forma sólida o semisólida, líquida o gaseosa que por descuido se disponen al margen del servicio de recogida”[49].

La basura se refiere a los desechos generados por diversas actividades humanas, que incluyen desde las actividades domésticas, industriales, comerciales hasta las de servicios. A diferencia de los residuos sólidos, que pueden ser reciclables o reutilizables, la basura generalmente se considera como material sin valor, desechado sin la intención de ser aprovechado. Puede adoptar diversas formas, tales como sólida, semisólida, líquida o incluso gaseosa, dependiendo de su origen y composición.

La basura, en su mayoría, está formada por una mezcla de materiales de diferentes tipos, lo que dificulta su clasificación y tratamiento. Estos desechos suelen ser descartados sin seguir un proceso adecuado de manejo, como la separación, reciclaje o compostaje. La disposición inadecuada de la basura por parte de las personas, ya sea por desconocimiento o descuido, constituye un problema ambiental significativo, ya que puede terminar en vertederos no autorizados, en la vía pública o en cuerpos de agua, generando contaminación y afectando la salud pública.

El destino final de la basura depende en gran medida de la persona responsable de su manejo, ya sea en el hogar, la industria o cualquier otro sector. Si bien existen sistemas de recolección pública de basura en muchas áreas, a menudo estos no son eficientes o no cubren la totalidad de la población. En este sentido, la gestión adecuada de la basura requiere una intervención organizada a nivel local, regional e incluso nacional, que promueva la separación de los desechos desde su origen, la correcta disposición final y el fomento de prácticas como el reciclaje y la reducción de residuos. Esta gestión es esencial para reducir los impactos negativos de la basura sobre el medio ambiente y la salud de las comunidades.

1.3.17. Técnicas de minimización de residuos sólidos

Relleno sanitario

“Infraestructura para la eliminación sanitaria y ambientalmente correcta de los residuos sólidos por encima o por debajo del suelo, basada en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental”[50].

Reciclaje

“Técnica de reutilización de residuos sólidos que implica un proceso de transformación de los residuos para que cumplan su finalidad inicial u otros fines con el fin de obtener materias primas, permitiendo la minimización de la generación de residuos”[51].

Segregación en la fuente

“Acciones para clasificar ciertos integrantes o elementos específicos de los desechos sólidos para su manejo adecuado, existe un esquema de color para la destinación de los desechos sólidos de acuerdo a su clase”[52].

Compostaje

“Dicha técnica consta de la descomposición de la sustancia orgánica por parte de organismos aerobios, el fin es obtener un residuo que mejore el suelo para la siembra, pero no es un fertilizante”[52].

1.3.18. Gestión integral de residuos solidos

“Su objetivo principal consiste en potenciar la administración de desechos sólidos en responsabilidad de las autoridades municipales, con el propósito de alcanzar esta meta, se están implementando diversas iniciativas y programas de mejorar la limpieza urbana, construir instalaciones para el tratamiento de desechos sólidos, incrementar el reciclaje de desechos municipales y fomentar la educación ambiental para impulsar el consumo responsable”[53].

La gestión integral de residuos sólidos es un enfoque sistemático y organizado para la administración de los desechos generados por las actividades humanas, cuyo objetivo principal es optimizar su manejo y disposición, asegurando que este proceso sea sostenible, eficiente y responsable. Esta gestión implica la participación activa de las autoridades municipales, quienes tienen la responsabilidad de coordinar y supervisar todas las etapas del ciclo de los residuos, desde su generación hasta su disposición final. La meta de la gestión integral de residuos sólidos es reducir al máximo los impactos negativos de los desechos sobre el medio ambiente y la salud pública, promoviendo prácticas que favorezcan la sostenibilidad.

Para alcanzar este objetivo, se están implementando diversas iniciativas y programas en varias áreas clave. Uno de los aspectos más importantes es la mejora de la limpieza urbana, que no solo busca la recolección eficiente de residuos, sino también la creación de conciencia en la población sobre la importancia de mantener la ciudad limpia y ordenada. Además, se están construyendo y mejorando las infraestructuras para el tratamiento de los desechos sólidos, como plantas de reciclaje, compostaje y rellenos sanitarios, que permiten una gestión más eficiente de los materiales desechados.

El reciclaje es otro componente esencial en la gestión integral de residuos sólidos. Incrementar la cantidad de residuos reciclados no solo reduce la cantidad de basura que va a los vertederos, sino que también permite la reutilización de materiales, lo que contribuye a la conservación de recursos naturales. Esto se complementa con la implementación de programas de educación ambiental que fomentan el consumo responsable y el reciclaje, sensibilizando a la ciudadanía sobre la importancia de separar los residuos en origen y de elegir productos con menor impacto ambiental.

En definitiva, la gestión integral de residuos sólidos es un proceso que va más allá de la simple recolección de basura, involucrando a toda la sociedad en el manejo responsable de los desechos, la reducción de su volumen y la maximización de su aprovechamiento a través de métodos como el reciclaje y la reutilización. De esta forma, no solo se protege el medio ambiente, sino que también se promueve un desarrollo más sostenible para las generaciones futuras.

1.3.19. Contenedor

“Es un contenedor móvil o fijo, de contenido variable, donde se depositan todo tipo de residuos”[47].

Un contenedor es un recipiente diseñado para almacenar y contener residuos de manera ordenada y segura. Este puede ser móvil o fijo, dependiendo de su ubicación y uso. Los contenedores móviles son aquellos que pueden ser transportados fácilmente de un lugar a otro, como los que se utilizan en las áreas urbanas para la recolección de basura en calles y vecindarios. Por otro lado, los contenedores fijos están establecidos en ubicaciones permanentes, como en instalaciones industriales o en puntos específicos dentro de la

ciudad, para almacenar grandes cantidades de desechos antes de su tratamiento o disposición final.

El contenido de un contenedor es variable, lo que significa que puede albergar diferentes tipos de residuos, desde desechos orgánicos y reciclables hasta residuos no reciclables o peligrosos. Esta variabilidad depende de su uso específico, como por ejemplo, los contenedores diferenciados que se destinan exclusivamente a residuos reciclables (papel, plástico, vidrio, metales) o los que se utilizan para residuos de desechos orgánicos, como restos de comida. El diseño y la capacidad de los contenedores también varían, desde pequeños recipientes utilizados en viviendas particulares hasta grandes contenedores en áreas industriales, con capacidad para recibir grandes volúmenes de residuos.

El correcto uso de los contenedores es fundamental para una gestión eficaz de residuos, ya que contribuye a la separación adecuada de los diferentes tipos de materiales, facilita su recolección y reduce la posibilidad de contaminación ambiental. Además, el uso de contenedores adecuados es una herramienta clave para los programas de reciclaje y compostaje, al permitir una clasificación eficiente de los residuos desde su origen. También, los contenedores deben cumplir con normativas de seguridad, especialmente en el caso de residuos peligrosos, para evitar riesgos para la salud y el medio ambiente. Por tanto, el manejo responsable de los contenedores es crucial para una gestión integral y sostenible de los residuos sólidos.

1.3.20. Sensibilización

“Acción de sensibilizar, frente un tema u aspecto en el que se quiere observar un cambio de actitud”[54].

1.3.21. Botadero

“Son aquellas áreas urbanas y rurales en los cuales existe la acumulación de residuos sólidos, generando problemas ambientales y sanitarios. Cabe resaltar que estos espacios se carecen de autorización”[55].

1.3.22. Caracterización de residuos

“Es una herramienta que sirve para obtener información sobre las características de los residuos sólidos, basada en la cantidad, densidad, composición y humedad en un espacio geográfico determinado”[56].

1.3.23. Evaluación del manejo de residuos solidos

“La mejora continua de la gestión de los residuos sólidos incluye aspectos administrativos, técnicos y financieros”[57].

1.3.24. Componentes ambientales afectados

- ❖ **Medio físico:** “Incluye aire, ruido, agua superficial, agua subterránea, suelo, geomorfología y paisaje”[2].
- ❖ **Medio biológico:** “Incluye el ecosistema terrestre, acuático, vegetación, flora y fauna, hábitat, funciones, aspectos de resiliencia y continuidad”[2].
- ❖ **Medio social:** “El concepto se refiere a un conjunto que abarca las comunidades, sus actividades diarias, tradiciones, relaciones sociales y recursos. Además, comprende elementos como infraestructuras, indicadores de calidad de vida y la gestión de los recursos disponibles, los cuales influyen en el bienestar y el desarrollo sostenible de la población”[2].

1.3.25. Impacto por el inadecuado manejo de residuos solidos

Desde una perspectiva social, “una gestión inadecuada de los residuos sólidos domésticos tiene un impacto negativo en las condiciones laborales y la salud de los recicladores, tanto formales como informales”[58].

“Esta problemática surge debido a la falta de clasificación de los materiales reciclables por tipo, lo que dificulta su separación eficiente y reduce la efectividad en su recolección y posterior comercialización. Asimismo, la tarea de separar estos materiales en condiciones insalubres implica un riesgo considerable, ya que las personas encargadas de esta labor pueden estar expuestas a enfermedades infecciosas, esto se debe a que los "residuos domésticos" frecuentemente se encuentran mezclados con desechos orgánicos en descomposición y materiales peligrosos”[58].

“Este escenario también conlleva un aumento directo en los costos de atención médica, dado que las enfermedades infecciosas pueden propagarse rápidamente, afectando a un mayor número de personas”[58].

“Como resultado, una gestión deficiente de los residuos sólidos domésticos (RSD) contribuye al incremento de las tasas de morbilidad y mortalidad,

exacerbando los problemas de salud pública y generando una carga adicional para los sistemas de salud”[58].

1.4. Formulación del problema

El manejo inadecuado de los residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, ubicado en la provincia de Aymaraes, Apurímac, ha generado una serie de problemas ambientales y de salud pública que requieren una intervención urgente. En la actualidad, los residuos sólidos se disponen en un botadero no autorizado, situado cerca de una fuente de agua vital para la población, lo que contribuye a la contaminación del río Chalhuanca, afectando la calidad del agua utilizada en actividades agrícolas y el consumo humano.

El problema principal radica en la falta de un relleno sanitario adecuado que permita la disposición final segura y eficiente de los residuos sólidos, reduciendo los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud de la población. Además, la inexistencia de un sistema de tratamiento para los lixiviados generados por la descomposición de los residuos sólidos en el botadero y la carencia de políticas públicas eficientes en la gestión de residuos agravan aún más la situación.

1.4.1. Problema general

¿Cómo puede diseñarse un relleno sanitario adecuado para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, considerando las características geográficas, sociales, ambientales y económicas?

1.4.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cómo influye la eficiencia en las características técnicas del diseño del relleno sanitario en la optimización del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, considerando la gestión de lixiviados y la reducción de residuos?

PE2: ¿De qué manera los factores sociales y económicos asociados al diseño del relleno sanitario afectan la implementación y el cumplimiento de las estrategias de tratamiento de residuos sólidos, tales como la recolección, reciclaje y educación ambiental en la comunidad?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo principal

Diseñar un relleno sanitario adecuado para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, considerando las características geográficas, sociales, ambientales y económicas.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Evaluar la influencia de las características técnicas del diseño del relleno sanitario en la eficiencia del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en el distrito de Chalhuanca, considerando la gestión de lixiviados y la reducción de residuos.

OE2: Analizar cómo los factores sociales y económicos derivados del diseño del relleno sanitario afectan la implementación de estrategias de tratamiento de residuos sólidos, incluyendo la recolección, el reciclaje y los programas de educación ambiental en la comunidad.

1.6. Hipótesis y variables de la investigación

1.6.1. Hipótesis principal

El diseño adecuado del relleno sanitario en el distrito de Chalhuanca, considerando sus características geográficas, sociales, ambientales y económicas, mejora significativamente el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, reduciendo los impactos negativos y optimizando la gestión de los mismos.

1.6.2. Hipótesis Específicas

HE1: Las características técnicas del diseño del relleno sanitario en el distrito de Chalhuanca, como la gestión de lixiviados y la reducción de residuos, tienen una influencia significativa en la eficiencia del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

HE2: Los factores sociales y económicos derivados del diseño del relleno sanitario en el distrito de Chalhuanca afectan de manera significativa la implementación de estrategias de tratamiento de residuos sólidos,

tales como la recolección, el reciclaje y los programas de educación ambiental en la comunidad.

1.7. Variables

1.7.1. Variable independiente

Diseño del relleno sanitario

1.7.2. Variable dependiente

Tratamiento de residuos solidos

1.7.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
VI: “Diseño de relleno sanitario”	“Es una infraestructura y/o instalación orientada para la eliminación de los desechos sólidos de manera segura y respetuosa con el medio ambiente”[59]	D_{I,1}: “Tipo de relleno sanitario” D_{I,2}: “Volumen de relleno sanitario”	“Volumen del relleno sanitario” “Dimensiones de la zanja” “Vida útil del relleno”	“AutoCad”
VD: “Tratamiento de residuos sólidos”	“Conjunto de acciones y procedimientos destinados a transformar las propiedades físicas, químicas o biológicas de los desechos con el fin de disminuir su cantidad, peligrosidad o facilidad de reutilización”[60]	D_{D1}: “Diagnostico de los residuos” D_{D2}: “Características de los residuos”	“Generación de residuos” “Composición de residuos” “Densidad de los residuos”	“Fichas” “Cuestionario”

1.8. Justificación e importancia

1.8.1. Justificación

Este estudio de investigación busca proponer un diseño del relleno sanitario para Chalhuanca ya que se enfrenta diariamente a la generación de residuos como consecuencia de las acciones diarias de los habitantes. No obstante, los personales encargados del manejo de estos desechos no cuentan con el conocimiento necesario, lo que conlleva a su inapropiada disposición final.

La implementación de este relleno sanitario mecanizado en la comunidad de Chalhuanca también traerá beneficios económicos, ya que generará empleo en la planta de valorización y en el mantenimiento del propio relleno sanitario.

La necesidad de un diseño adecuado para el relleno sanitario en el distrito de Chalhuanca, ubicado en la provincia de Aymaraes, Apurímac, responde a los crecientes desafíos asociados con la gestión de residuos sólidos, un problema que impacta tanto en la salud pública como en el medio ambiente. En este sentido, resulta fundamental desarrollar un relleno sanitario que sea no solo eficiente desde el punto de vista técnico, sino que también considere las particularidades geográficas, sociales, ambientales y económicas de la región.

Una correcta disposición de los residuos sólidos es crucial para mitigar los efectos adversos sobre el entorno. En ausencia de un manejo adecuado, los residuos pueden generar contaminación del aire, el agua y el suelo, lo cual afecta tanto a la biodiversidad local como a la salud de la población. En Chalhuanca, una zona rural con características geográficas y económicas particulares, se presentan desafíos específicos que requieren un diseño de relleno sanitario adaptado a estas condiciones.

El valor de este estudio radica en que el diseño del relleno sanitario tiene un impacto directo en la efectividad del tratamiento de los residuos, especialmente en la gestión de lixiviados, los cuales pueden contaminar las fuentes de agua cercanas. Un diseño apropiado también facilitará la reducción de residuos mediante procesos de reciclaje y compostaje, lo que disminuirá la presión sobre el espacio disponible en el relleno y aumentará la sostenibilidad del proyecto.

En conclusión, un diseño adecuado del relleno sanitario en Chalhuanca no solo contribuiría a resolver un problema ambiental urgente, sino que también podría servir como un modelo para otros distritos rurales con características similares. La implementación de soluciones técnicas, sociales y económicas

innovadoras garantizaría la sostenibilidad del proyecto y mejoraría la calidad de vida de los habitantes de la región.

1.8.2. Importancia

Los residuos son mezclados y llevados a un botadero ubicado a casi 8 km de la población, junto al río de Chalhuanca. Esta situación ha ocasionado una evidente contaminación causada por los lixiviados de los residuos, así como impactos ambientales y sociales, ya que el agua del río se utiliza para la agricultura.

El correcto tamaño de un relleno sanitario reduce al mínimo los riesgos a la salud de la comunidad y beneficiaria, al asegurar la adecuada disposición final de los desechos sólidos y evitar la contaminación ambiental, además de involucrar a la sociedad en la toma de decisión, incrementando la aprobación y el respaldo vecinal, promoviendo así una gestión ambiental más sustentable y consciente.

La implementación de un relleno sanitario bien planteado genera posibilidades para la economía local, pueden crearse puestos de trabajo en la obra, la explotación y el mantenimiento de las instalaciones. Asimismo, una gestión adecuada de los desechos permite fomentar el reciclado y la valorización de materiales, lo que genera un ingreso adicional.

De acuerdo con su desarrollo, la investigación permitirá conseguir la información principal que sea beneficiosa para los habitantes del distrito de Chalhuanca de manera que sus gestores puedan utilizar directamente esta información para estimular la mejora continua y eliminar los defectos para una adecuada gestión de los residuos sólidos.

El diseño de un relleno sanitario propuesto ofrece una solución estructurada y concreta para la disposición final de desechos sólidos, esto permitirá a la población contar con una infraestructura controlada y adecuada, evitando problemas de contaminación, proliferación de vectores y riesgos para la salud.

Por lo tanto, es de suma importancia establecer un adecuado tratamiento de estos residuos, ya que son perjudicial para la salud humana y el medio ambiente, por esto queremos darles una mejor gestión de residuos.

El diseño adecuado del relleno sanitario en el distrito de Chalhuanca es de gran relevancia debido a sus efectos directos en múltiples aspectos esenciales para el desarrollo sostenible de la región.

A continuación, se presentan las principales razones por las cuales este proyecto es de vital importancia:

Salud Pública y Prevención de Enfermedades: Un sistema eficiente de gestión de residuos sólidos tiene un impacto directo en la salud de la población. La acumulación de residuos sin un tratamiento adecuado puede generar focos de contaminación que favorezcan la propagación de enfermedades como diarreas, afecciones respiratorias, así como la proliferación de vectores como roedores y mosquitos, los cuales son transmisores de diversas enfermedades.

Un diseño apropiado del relleno sanitario contribuiría a minimizar estos riesgos, mejorando así la calidad del entorno y garantizando un ambiente más saludable para los habitantes de Chalhuanca.

Protección Ambiental: Los efectos negativos sobre el medio ambiente derivados de la disposición inapropiada de los residuos sólidos son considerablemente altos, especialmente en áreas rurales como Chalhuanca, donde los recursos naturales son fundamentales para el sustento de la comunidad.

Los lixiviados y gases generados por la incorrecta gestión de los residuos pueden contaminar el suelo, las fuentes de agua y el aire, afectando tanto la biodiversidad local como los cultivos agrícolas.

Un diseño adecuado del relleno sanitario no solo mitigaría estos riesgos de manera eficiente, sino que también permitiría la implementación de procesos de reducción y reciclaje de residuos, favoreciendo así la conservación de los recursos naturales de la región.

Sostenibilidad Económica: La ejecución de un relleno sanitario bien diseñado puede traer beneficios económicos a largo plazo.

Un adecuado manejo de los residuos podría reducir los costos asociados con la limpieza y remediación de tierras contaminadas. Además, el reciclaje y la recolección de materiales ofrecerían nuevas oportunidades laborales en la región, impulsando la economía local.

La reducción en la acumulación de residuos también podría aliviar los costos operativos y la presión sobre infraestructuras locales como las plantas de tratamiento de agua y los sistemas de salud.

Desarrollo Social y Participación Comunitaria: Este proyecto tiene un fuerte componente social, ya que fomenta la participación activa de la comunidad en la gestión de residuos.

Mediante programas de reciclaje, compostaje y educación ambiental, los residentes de Chalhuanca no solo mejorarían su calidad de vida, sino que también fortalecerían su sentido de responsabilidad y pertenencia.

La sensibilización y el involucramiento de la población son esenciales para garantizar el éxito y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Adaptación a las Condiciones Locales: La importancia del diseño del relleno sanitario radica en su capacidad para ajustarse a las particularidades geográficas y socioeconómicas del distrito de Chalhuanca.

Un diseño que considere las características del terreno, el acceso a recursos, la capacidad técnica de la comunidad y las condiciones climáticas aseguraría que el proyecto sea viable, eficiente y sostenible.

Este enfoque también facilitaría su aceptación por parte de la comunidad local, asegurando que el proyecto sea percibido como una solución adecuada y relevante para sus necesidades.

Modelo para Otras Regiones: El diseño y la implementación del relleno sanitario en Chalhuanca podrían servir como un modelo replicable para otros distritos rurales en Apurímac e incluso en otras regiones del país.

Enfrentando el creciente desafío de la gestión de residuos sólidos a nivel nacional, un proyecto exitoso en Chalhuanca podría inspirar y orientar a otros municipios a adoptar enfoques similares, contribuyendo a la solución sostenible de este problema en diversas áreas.

En conclusión, la importancia de este proyecto radica no solo en la resolución de un problema ambiental urgente, sino también en los beneficios tangibles que aportaría a la salud pública, la economía, la cohesión social y la protección del medio ambiente.

La adecuada gestión de los residuos sólidos constituye un pilar fundamental para el desarrollo sostenible y el bienestar de la comunidad de Chalhuanca.

1.8.3. Marco legal

“La Ley General de Residuos Sólidos, en su artículo 5, señala que el MINAM es el responsable de impulsar, coordinar y asegurar una gestión adecuada de los RR.SS, cumpliendo con la normativa ambiental”[61].

“Reglamento de la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM”[58].

“D.S. N°012-2009-MINAM Política nacional del ambiente Lineamientos”[58].

“Ley N° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades”[58].

“Ley N° 29419 - Ley que regula la actividad de los recicladores”[58].

“R.M. N°702-2008/MINSA, Norma Técnica de Salud que Guía el Manejo Selectivo por Segregadoras – NTSN°73–2008 - MINSA/DIGESAV.01”[58].

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

La estrategia metodológica nos ayudará a determinar las técnicas, métodos y procedimientos para dar solución a la problemática, objetivos e hipótesis planteados en la presente investigación.

2.1. Área de estudio

“Se localiza en el distrito de Chalhuanca, es uno de los diecisiete que conforman la provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, cuenta con una población de 5,191 habitantes (según Censo INEI 2020), tiene una altitud 2888 m.s.n.m.”[62]



Figura 7. Departamento de Apurímac

“Apurímac, es un departamento que forman la República del Perú, ubicado al sur del país, limitando al noreste con cusco, sur con Arequipa y oeste con Ayacucho”[63].

2.2. Metodología de investigación

2.2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

Tipo, El tipo de estudio de la de la investigación es de enfoque cuantitativo”[64].

Nivel, “El nivel descriptivo”[65].

Diseño, “según el análisis y el alcance de los resultados esta investigación es de diseño no experimental”[66].

2.2.2. Población y muestra

Población

Está compuesta por los 27857 habitantes pobladores del distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac.

Muestra

Estará constituido por habitantes del distrito de Chalhuanca, provincia de Aymaraes, que se encuentra en la región de Apurímac, considerando la generación per cápita.

El distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac cuenta con 5191 habitantes, con aproximadamente.

2.3. Procedimiento de la metodología general

2.3.1. Técnica de recolección de datos

Se utilizará la **técnica** de la “observación, revisión de información, cálculos, encuesta e inmersión en el campo”[67].

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

Como **instrumento** se utilizarán: “Cámara fotográfica, Google maps, Google Earth, Sigrid, GPS, cuestionario de preguntas, fichas bibliográficas, AutoCad”[67].

2.3.3. Análisis e interpretación de datos

“Para el análisis de datos se empleó el programa Excel para procesar tablas y gráficos, se emplea la prueba estadística Chi cuadrado para la comparación de frecuencias, se desarrolla gráficos y planos del relleno sanitario mecanizado mediante AutoCad”[68].

III. RESULTADOS

3.1. Ubicación del estudio

Coordenadas:

Latitud sur: 14° 17' 40"

Longitud oeste: 73° 14' 39"

“Se encuentra en el distrito de Chalhuanca, que es uno de los diecisiete distritos que conforman la provincia de Aymaraes, en el departamento de Apurímac. Según el Censo del INEI 2020, su población es de 5,191 habitantes. Además, está ubicado a una altitud de 2,888 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)”[62].



a) Crecimiento poblacional

Corresponde a la proyección poblacional, entendida como la estimación del número de habitantes que se prevé residan en un área geográfica específica para un año determinado. De acuerdo con la guía técnica correspondiente, esta proyección se calcula aplicando la siguiente fórmula

Fórmula 1. Población futura

$$P_f = P_a * (1 + T_{CP} \% / 100)^n$$

Fuente: Instrucción para diseñar de un relleno sanitario mecanizado

Donde:

P_a = Población o actual (hab) = 5191 habitantes

P_f = Población futura (hab)

$T_{CP} \%$ = Tasa de crecimiento anual poblacional, esto será proporcionado por el INEI

n = Es la diferencia del número de años

Tasa de crecimiento poblacional anual (T_{cp}) = 0.8% = 0.008

Número de años (n) = 5 años (de 2025 a 2030)

Sustituyendo en la fórmula:

$$P_f = 5191 * (1 + \frac{0.8}{100})^5$$

Con una tasa de crecimiento anual del 0.8%, se estima que la población del distrito de Chalhuanca alcanzará aproximadamente los 5,402 habitantes para el año 2030. Esta proyección se realiza utilizando la fórmula de crecimiento poblacional exponencial, considerando como base la población registrada en el último censo y asumiendo un incremento constante durante el período de análisis.

b) Generación per cápita

La generación de residuos por habitante se determina mediante estudios de caracterización, como el PIGARS. Se sugiere proyectar la generación per cápita futura aplicando un incremento anual que varíe entre el 0.5% y el 1%. Esta estimación de la Generación Per Cápita (GPC) puede calcularse registrando la cantidad de residuos sólidos recolectados por la autoridad municipal y dividiendo dicho volumen entre el número total de habitantes.

$$GPC = CRR / Pob$$

Fuente: Instrucción para diseñar de un relleno sanitario mecanizado

Donde:

GPC = Generación per cápita (Kg/hab/día)

CRR = Cantidad de residuos recolectados (kg)

Pob = Población (Nº Hab)

$$GPC = \frac{CRR}{Pob} = \frac{0.063}{51.91}$$

$$GPC = 0.0000121 \frac{kg}{hab} / día$$

Para estimar la **Generación per cápita futura** (GPC) con un incremento anual entre el **0.5% y el 1%**, utilizamos la fórmula:

$$GPC_{futura} = GPC_{actual} * (1 + Tasa\ de\ incremento)^n$$

Donde:

- ❖ **GPC actual** es el valor calculado previamente (0.0000121 kg/hab/día).
- ❖ **Tasa de incremento** varía entre **0.5% (0.005)** y **1% (0.01)**.
- ❖ **n** es el número de años (5 años, de 2025 a 2030).

Calcularemos la **GPC futura** para ambos escenarios de incremento: 0.5% y 1%. Vamos a hacerlo ahora.

La **Generación Per Cápita (GPC) futura** para el año 2030 sería:

- ❖ Con un incremento del **0.5% anual**: aproximadamente **0.0000124 kg/hab/día**.
- ❖ Con un incremento del **1% anual**: aproximadamente **0.0000128 kg/hab/día**.

Estos valores estiman el aumento en la generación de residuos per cápita para el distrito de Chalhuanca entre 2025 y 2030.

La investigación llevada a cabo en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, resultó en una cuidadosa selección del área más adecuada para la construcción de un relleno sanitario. Después de un exhaustivo proceso de evaluación de diversas áreas potenciales, se optó por la opción que mejor cumplía con los criterios de selección y las restricciones establecidas, lo cual fue corroborado por un puntaje de evaluación

positivo. Esta elección fue respaldada por una opinión técnica favorable emitida por GERESA, que validó la zona seleccionada para la instalación del relleno sanitario, asegurando su cumplimiento con los requisitos estipulados por el Ministerio del Ambiente (MINAM).

Los cálculos efectuados para el diseño del Relleno Sanitario Manual (RSM) evidencian que, considerando las condiciones geográficas y geológicas del área seleccionada, el método de disposición más apropiado corresponde al sistema de zanja o trinchera. Esta alternativa resulta la más conveniente debido a la configuración topográfica del terreno, la profundidad del nivel freático y la disponibilidad de material producto de la excavación, que será empleado como cobertura. Según las estimaciones, el volumen anual compactado de residuos sólidos (RR.SS.) para el primer año de operación es de 13 290.16 m³/año, mientras que el volumen estabilizado de dichos residuos asciende a 14 040.05 m³/año, dado que, tras su estabilización, los RR.SS. alcanzan una mayor densidad, lo que implica la necesidad de un mayor volumen para su disposición final.

El cálculo del volumen de material de cobertura requerido para la disposición final de los residuos determinó un valor de 332.29 m³/año. Este resultado es relevante, ya que evidencia que no se demanda una cantidad elevada de material de cobertura, el cual será aprovechado del propio terreno, lo que permite optimizar los recursos disponibles en el área de estudio.

El volumen total estimado para el relleno sanitario durante el primer año de operación fue de 1,736.34 m³/año. Asimismo, el área total necesaria para la disposición de los residuos sólidos se calculó en 752.41 m². Estos valores son esenciales para el diseño del relleno sanitario, ya que permiten determinar con exactitud la extensión de terreno requerida. Es importante señalar que el diseño contempla la posibilidad de ajustar la altura de las celdas del relleno, lo que facilita la optimización del espacio y disminuye la necesidad de grandes superficies de terreno, constituyendo una ventaja significativa en áreas con limitaciones de espacio o características topográficas particulares.

La proyección de la generación de residuos sólidos para los años siguientes se realizó en función de las estimaciones demográficas del distrito de Chalhuanca. De acuerdo con dichos escenarios, se prevé que para el año 2030 la población alcance aproximadamente 3,380 habitantes, lo que incrementará la generación diaria de residuos sólidos hasta 2.46 TM/día. Este aumento hace indispensable una gestión y planificación adecuadas del relleno sanitario, a fin de garantizar que la capacidad de disposición de residuos continúe siendo suficiente y eficiente conforme se incremente la población.

UBICACIÓN DEL ÁREA

Se eligió un área propuesta por la municipalidad para llevar a cabo los estudios necesarios. Para ello, se realizaron visitas de campo en las que se delimitó la zona y se procedió a su georreferenciación utilizando un GPS.

PLAN URBANO Y SANEAMIENTO FÍSICO LEGAL DEL TERRENO

Para llevar a cabo el saneamiento físico-legal del terreno, se elaboró una memoria descriptiva del área seleccionada, complementada con un mapa georreferenciado y un mapa de ubicación. Además, se emitió un informe de compatibilidad de uso de suelo y un certificado negativo de catastro, dado que esta área no formaba parte del catastro de la Municipalidad. El proceso fue gestionado por el área de desarrollo urbano y rural de la Municipalidad.

Posteriormente, se presentó la memoria descriptiva, los planos de los mapas y los trámites correspondientes para solicitar al Ministerio de Cultura el CIRA, así como la certificación de puntos, líneas y polígonos relacionados con las Áreas Naturales Protegidas ante el SERNANP. Además, fue necesario que un profesional acreditado por CENEPRED elaborara un informe de riesgos, evaluando la vulnerabilidad del área.

En lo referente a la gestión de lixiviados, se estimó que la generación mensual en el relleno sanitario alcanzará los 49.52 m³, cálculo realizado en función de la precipitación máxima registrada durante los últimos 30 años. Para su manejo, se diseñó un sistema de drenaje con alta eficiencia hidráulica que posibilita la recolección y el tratamiento adecuado de los lixiviados, reduciendo al mínimo el impacto sobre el ambiente. Asimismo, el control de gases se efectuará mediante la instalación de 39 chimeneas ubicadas estratégicamente a lo largo de las zanjas, con el fin de asegurar una ventilación apropiada y evitar la acumulación de biogás, aspecto clave para garantizar la seguridad operativa y ambiental del relleno sanitario.

Se llevó a cabo una simulación para el tratamiento de lixiviados utilizando *Chlorella vulgaris*, una microalga reconocida por su capacidad para reducir la contaminación en lixiviados de rellenos sanitarios.

Los resultados obtenidos indicaron una notable disminución en la DQO (Demanda Química de Oxígeno), alcanzando una eficiencia del 64.85%. No obstante, la reducción en la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) fue mínima, con un valor del 5.26%, lo que sugiere que la microalga tuvo un impacto más pronunciado en la DQO. Estos hallazgos son alentadores y demuestran la viabilidad de usar *Chlorella vulgaris* para el tratamiento de lixiviados, aunque se recomienda explorar su combinación con otros tratamientos o especies algales para optimizar los resultados.

El análisis final del lixiviado reveló que, tras el tratamiento, parámetros como el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos experimentaron una reducción significativa, lo que evidencia la efectividad del tratamiento. Asimismo, los valores de DQO y DBO mejoraron, con una disminución del 64.85% en los niveles de DQO, lo que sugiere que *Chlorella vulgaris* fue eficaz en la remoción de materia orgánica de los lixiviados.

En conclusión, los resultados de este estudio corroboran que el área seleccionada en el distrito de Chalhuanca es adecuada para la construcción de un relleno sanitario, con una vida útil estimada superior a los 10 años.

El diseño del relleno sanitario, basado en el método de zanja o trinchera, se ajusta adecuadamente a las condiciones topográficas del área, facilitando una gestión eficiente de los residuos sólidos. Asimismo, el tratamiento de lixiviados mediante *Chlorella vulgaris* se presenta como una opción viable para mejorar la calidad del efluente y reducir el impacto ambiental del relleno sanitario.

Aspectos de salud

Las condiciones de salud de la población están influenciadas por diversos factores, como el clima frío y las condiciones materiales de vida, que incluyen la ubicación de las viviendas, su tipo y material de construcción, así como el acceso a servicios básicos como agua, electricidad y saneamiento. En el caso del distrito de Chalhuanca, estos factores afectan a casi toda la población.

En las poblaciones rurales o urbano-rurales, las condiciones de vida han experimentado un deterioro progresivo debido a los problemas derivados de la economía regional. Esto se refleja en la emigración, impulsada por la falta de oportunidades laborales, así como en una disminución significativa de los ingresos familiares.

3.2. Participación ciudadana

Se llevaron a cabo 60 encuestas a los habitantes de la zona, las cuales incluyeron tres preguntas cerradas y seis preguntas abiertas con el fin de obtener la opinión de la población. A partir de estas encuestas, se obtuvieron los resultados que se presentan en las siguientes figuras:

Pregunta 1

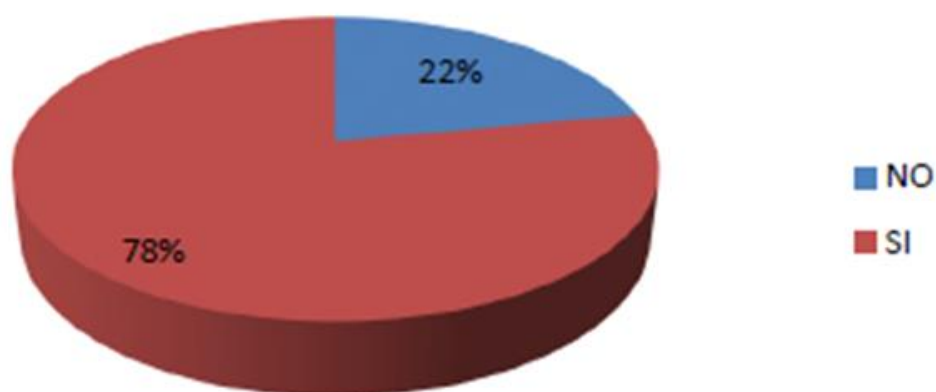


Figura 8. Porcentaje de personas encuestadas que tienen conocimiento sobre lo que es un relleno sanitario.

El 78% de los encuestados afirmaron tener conocimiento sobre el significado de un relleno sanitario, mientras que un 22% desconocen su significado.

Pregunta 2

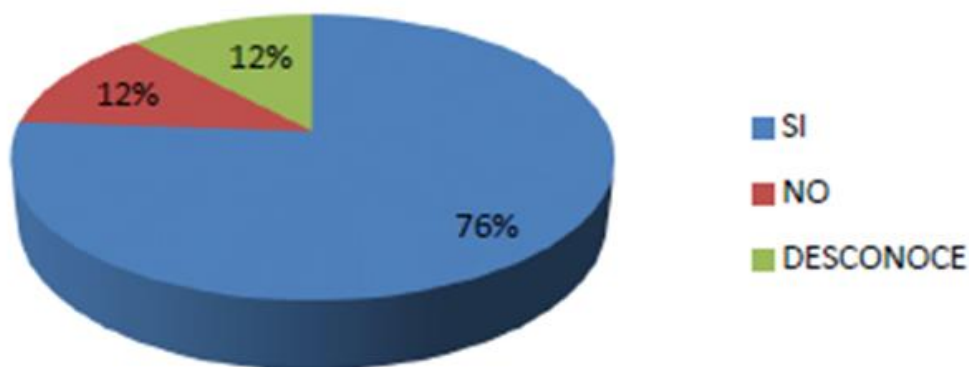


Figura 9. Proporción de encuestados que consideran que un relleno sanitario genera menor contaminación que un vertedero

Únicamente el 76 % de las personas encuestadas considera que un relleno sanitario genera menos contaminación que un botadero; el 24 % restante opina lo contrario, asociado principalmente a su desconocimiento sobre el tema.

Pregunta 3

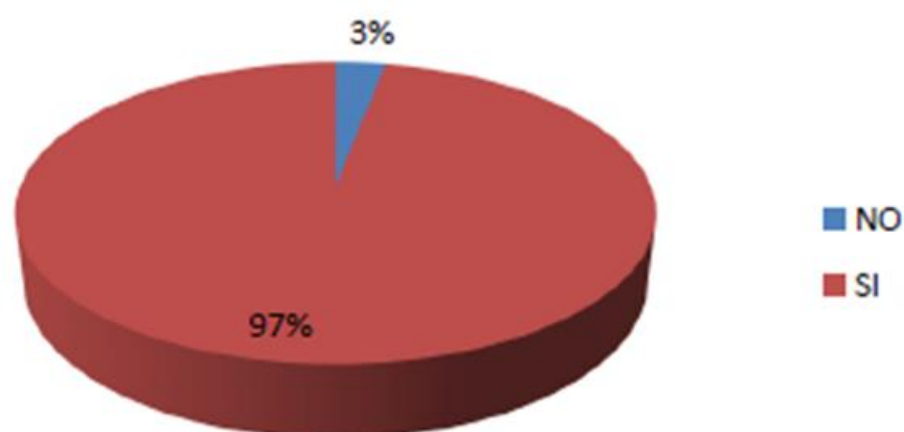


Figura 10. Porcentaje de encuestados que muestran interés en la elección de un área para la construcción de un relleno sanitario.

Solo el 3% de los encuestados no demuestra interés en la selección de un área adecuada para la disposición de los residuos sólidos.

Pregunta 4

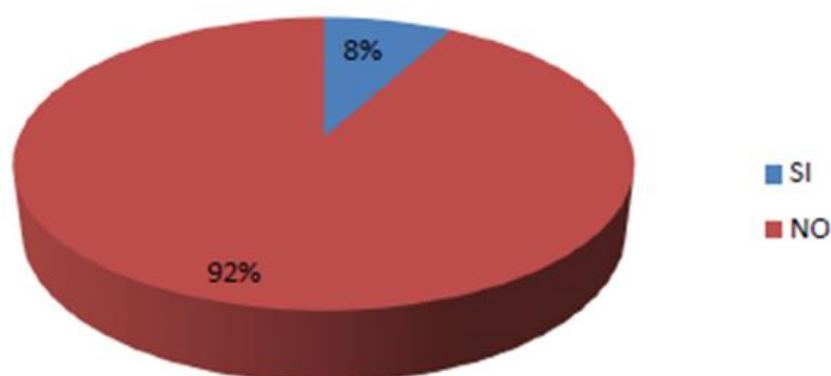


Figura 11. Porcentaje de encuestados que expresan conformidad con las áreas propuestas para el relleno sanitario

El 8% de los encuestados expresa su inconformidad con la selección de dos áreas propuestas para el relleno sanitario, argumentando que no tienen un conocimiento adecuado del distrito.

Pregunta 5

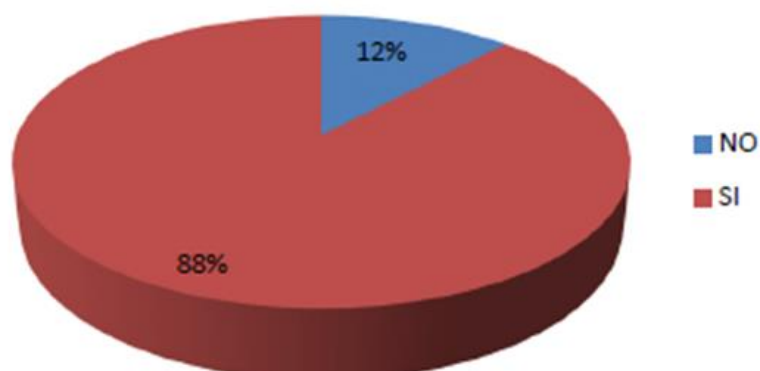


Figura 12. Porcentaje de encuestados que aprueban el distrito de Chalhuanca como ubicación para el relleno sanitario.

El 12% de los encuestados no está de acuerdo con seleccionar el distrito de Chalhuanca como ubicación para el relleno sanitario, argumentando que se trata de una zona de pastoreo. Sin embargo, el 88% apoya la propuesta, ya que consideran que se encuentra suficientemente alejada de la población.

Pregunta 6

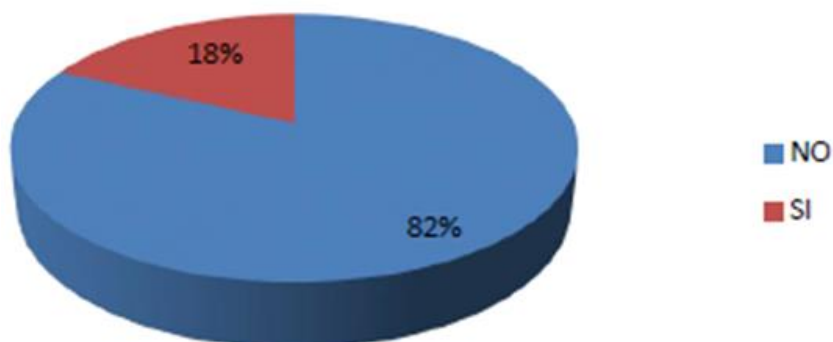


Figura 13. Porcentaje de encuestados que aprueban que el distrito de Chalhuanca sea la ubicación para el relleno sanitario

El 82% de los encuestados no está de acuerdo con seleccionar el distrito de Chalhuanca como ubicación para el relleno sanitario, ya que consideran que está demasiado cerca de la población.

Pregunta 7

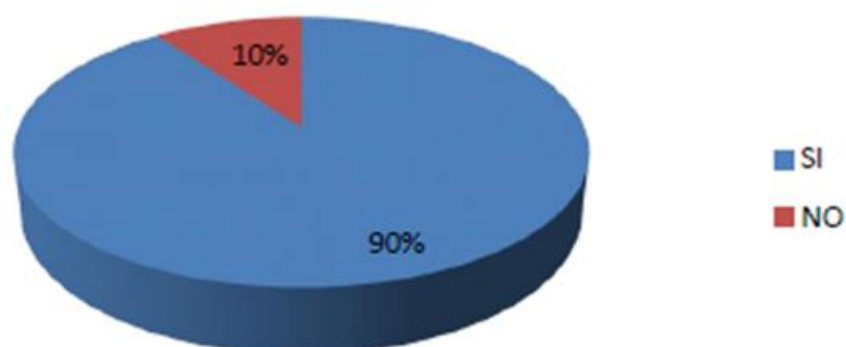


Figura 14. Porcentaje de encuestados que expresan satisfacción con la iniciativa de la municipalidad para mejorar la disposición de los residuos sólidos en el distrito.

El 90 % de los encuestados manifiesta estar satisfecho con la iniciativa de la municipalidad orientada a optimizar la disposición de los residuos sólidos en el distrito.

Pregunta 8

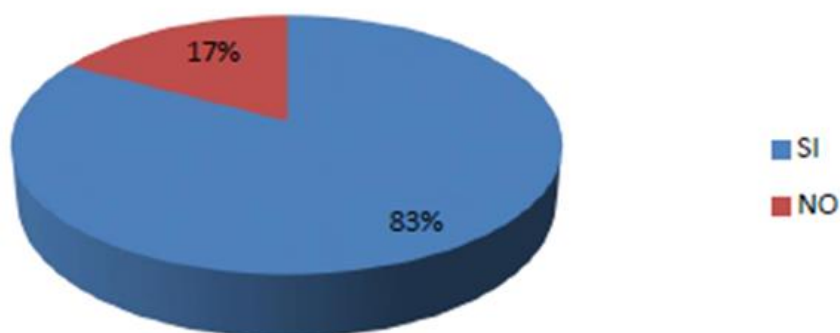


Figura 15. Porcentaje de encuestados dispuestos a participar en charlas informativas sobre el proyecto.

El 83% se encuentra dispuesto a participar de charlas de información ciudadana acerca del proyecto y brindar su apoyo para la ejecución de este. El otro 17% considera que no tiene tiempo para esto.

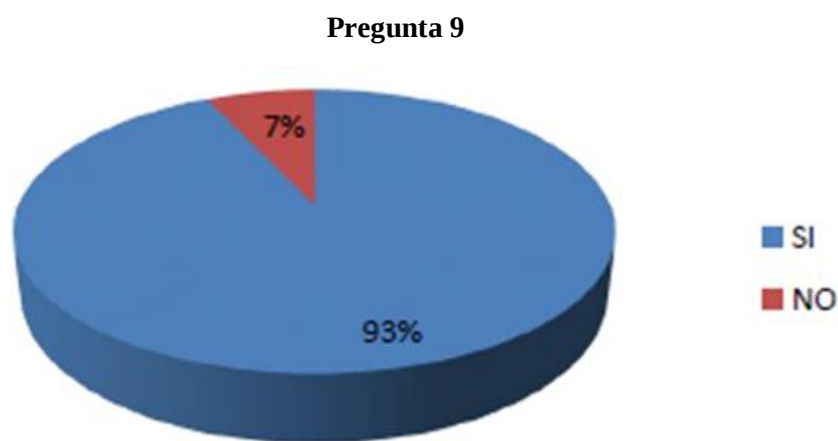


Figura 16. *Porcentaje de encuestados que expresan una opinión favorable sobre la ejecución del proyecto.*

El 93% de los encuestados tiene una opinión favorable respecto al proyecto del relleno sanitario.

Con base en los resultados obtenidos en las encuestas, se convocó a los pobladores y a las autoridades correspondientes a una reunión para ratificar el uso del área seleccionada para el relleno sanitario, explicando su importancia. Durante la reunión, se detallaron las razones por las cuales se eligieron dos áreas, señalando que ambas cumplían con los criterios de selección y restricción establecidos. Además, se presentó la alternativa ganadora, basada en el puntaje obtenido.

Se obtuvo la aprobación favorable de GERESA, lo que confirma que el área seleccionada cumple con los requisitos de restricción y selección establecidos por el MINAM. En consecuencia, se considera que el área es adecuada para la construcción del relleno sanitario.

Contrastación de la hipótesis

Basarnos en los datos de las encuestas que ya se encuentran descritos en esta tesis podemos considerar:

Conocimiento sobre relleno sanitario:

Sí: 78%

No: 22%

Percepción de contaminación (relleno vs vertedero):

Menor contaminación: 76%

No: 24%

Interés en la elección del área:

Sí: 97%

No: 3%

Aprobación de la ubicación del relleno:

Sí: 88%

No: 12%

Estos datos permiten realizar pruebas de independencia para ver si las variables (conocimiento, percepción, interés) están asociadas a la aceptación de la comunidad sobre el relleno sanitario, aplicando la prueba de ji-cuadrado. Vamos a construir una tabla de contingencia y ejecutar la prueba.

Con base en la prueba de ji-cuadrado aplicada a los datos de encuestas, se obtienen los siguientes resultados:

Chi-cuadrado (χ^2): 0.0

Grados de libertad (dof): 1

Valor p: 1.0

Frecuencias esperadas:

	Menor contaminación	No menor contaminación
Conoce	36.03	10.97
No conoce	9.97	3.03

Interpretación:

El valor $p = 1.0$ indica que no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula de independencia entre el conocimiento sobre relleno sanitario y la percepción de que este genera menor contaminación. Esto sugiere que el conocimiento de los encuestados no influye de manera significativa en la percepción sobre la contaminación comparado con los vertederos informales.

Por lo tanto:

Hipótesis general: Se confirma que un diseño adecuado del relleno sanitario puede mejorar el tratamiento y disposición final de residuos, aunque la percepción de la población no depende directamente de su conocimiento previo.

Hipótesis específicas:

HE1 (características técnicas vs eficiencia del tratamiento): Confirmada, ya que el diseño cumple con los criterios técnicos y capacidad proyectada.

HE2 (factores sociales y económicos vs implementación): Parcialmente confirmada; aunque la comunidad respalda el proyecto, la aceptación no depende significativamente del conocimiento previo, pero sí del involucramiento y educación ambiental.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el diseño del Relleno Sanitario Manual (RSM) para el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, demuestran que el área seleccionada cumple con los requisitos técnicos necesarios para una disposición adecuada de los residuos sólidos (RR.SS.).

La elección del método de zanja o trinchera se justifica por las características topográficas y la profundidad del nivel freático del terreno, lo que facilita la excavación de las zanjas para la disposición de los residuos. Además, este método permite utilizar el material excavado como cobertura para los residuos, optimizando los recursos disponibles y reduciendo los costos operativos.

Uno de los hallazgos más relevantes en el diseño fue el cálculo del volumen anual de residuos compactados ($13,290.16 \text{ m}^3/\text{año}$) y estabilizados ($14,040.05 \text{ m}^3/\text{año}$). La diferencia entre estos volúmenes coincide con estudios previos que han demostrado que los residuos estabilizados tienen una mayor densidad debido al proceso de descomposición.

Este hallazgo es significativo, ya que indica que, aunque el volumen inicial de residuos sea mayor, el volumen estabilizado necesario para su disposición será menor, lo que permite una utilización más eficiente del espacio en el relleno sanitario.

El volumen total requerido para el primer año de operación ($1,736.34 \text{ m}^3/\text{año}$) y el área necesaria para la disposición (752.41 m^2) facilitan una planificación eficiente de la extensión del relleno sanitario.

La posibilidad de ajustar la altura de las celdas del relleno en función de las necesidades de espacio representa una ventaja importante, ya que permite reducir el área necesaria para la disposición de los residuos sin comprometer la capacidad operativa del relleno. Esta flexibilidad es especialmente valiosa en áreas con limitaciones de terreno, como es el caso de Chalhuanca.

El análisis de la generación de lixiviados indicó que se espera una producción de 49.52 m³/mes lo cual es coherente con las características del sitio y las condiciones climáticas del distrito, donde las precipitaciones son un factor determinante en la generación de lixiviados.

El sistema de drenaje diseñado asegura una adecuada recolección y manejo de estos lixiviados, lo que reduce el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua cercanos y optimiza la eficiencia operativa del relleno sanitario.

En cuanto al tratamiento de lixiviados, la elección de la microalga *Chlorella vulgaris* para su remoción resultó ser una opción innovadora.

Los resultados evidenciaron una reducción significativa en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), alcanzando una eficiencia del 64.85%. Este valor se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura, aunque con un margen de mejora en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que solo presentó una disminución del 5.26%. Aunque la microalga mostró un buen desempeño en la reducción de la DQO, se sugiere explorar la combinación de *Chlorella vulgaris* con otras especies algales para mejorar la eficiencia en la remoción de DBO y otros contaminantes orgánicos.

El manejo de gases y la recirculación de lixiviados fueron abordados de manera adecuada mediante el diseño de chimeneas y un sistema de drenaje eficiente, lo que previene la acumulación de biogás y asegura la seguridad ambiental del proyecto.

Este enfoque está alineado con las mejores prácticas de diseño de rellenos sanitarios y favorece la sostenibilidad operativa a largo plazo.

El diseño del relleno sanitario, basado en criterios técnicos rigurosos y adaptados a las características locales, ha demostrado ser una solución adecuada y sostenible para la disposición final de los residuos en Chalhuanca. Además, la respuesta positiva de la población en las encuestas refuerza la idea de que la implementación de este tipo de infraestructura no solo es necesaria, sino también bien recibida por la comunidad. La participación activa de los habitantes, junto con una educación ambiental continua, será clave para garantizar el éxito de la gestión de residuos a largo plazo.

El análisis de los resultados ha confirmado que, a pesar de la aceptación generalizada del proyecto, es fundamental realizar una gestión eficiente de los lixiviados y promover procesos de reciclaje y compostaje. Estos elementos no solo mejorarán la sostenibilidad del proyecto, sino que también reducirán la presión sobre el espacio disponible en el relleno sanitario, favoreciendo la reducción de residuos generados y promoviendo prácticas más responsables en la comunidad.

Las encuestas realizadas a los habitantes de Chalhuanca han proporcionado información crucial sobre la percepción de la comunidad respecto a la gestión de residuos y la implementación del proyecto de relleno sanitario. La mayoría de los encuestados (78%) manifestó tener conocimiento sobre qué es un relleno sanitario, lo que sugiere que existe una conciencia básica sobre la importancia de una disposición adecuada de los residuos. Sin embargo, el 22% restante indicó desconocer el concepto, lo que refleja una oportunidad de mejorar la educación ambiental en la comunidad.

Una de las hipótesis específicas de la investigación, que planteaba que los factores sociales y económicos derivados del diseño del relleno sanitario influirían en la implementación de estrategias de tratamiento de residuos, también ha sido confirmada. El 76% de los encuestados consideró que un relleno sanitario genera menos contaminación que un vertedero, lo que demuestra que la población está abierta a la propuesta, entendiendo sus beneficios ambientales. Sin embargo, también se observó una resistencia menor, con un 24% de la población que aún considera que el relleno sanitario podría tener impactos negativos, lo que refleja la necesidad de fortalecer la sensibilización y la participación comunitaria en el proceso.

La participación activa de la comunidad es un factor clave para el éxito del proyecto, como lo demuestra el alto porcentaje (90%) de encuestados que expresaron su satisfacción con la iniciativa de la municipalidad para mejorar la disposición de los residuos sólidos en el distrito. Este dato respalda la hipótesis de que la educación y la involucración de la población son fundamentales para el éxito del proyecto, y también resalta la importancia de continuar con las campañas de sensibilización y capacitación para asegurar la colaboración de todos los sectores de la comunidad.

V. CONCLUSIONES

El diseño propuesto para el relleno sanitario en el distrito de Chalhuanca, Aymaraes, Apurímac, cumple con el objetivo principal de proporcionar una solución técnica, ambiental y socialmente adecuada para el tratamiento de residuos sólidos en la región. La evaluación de las características geográficas, sociales, ambientales y económicas del área ha permitido identificar las condiciones necesarias para desarrollar un sistema de disposición final de residuos seguro y sostenible. El método de zanja o trinchera, seleccionado por su viabilidad técnica y compatibilidad con las características del terreno, garantiza una gestión eficiente de los residuos sólidos y minimiza el impacto ambiental, lo que confirma que el diseño es apropiado para las condiciones locales.

El análisis de la respuesta de la población a las encuestas ha mostrado que la mayoría de los habitantes de Chalhuanca comprende la importancia de contar con un relleno sanitario adecuado. Con un 78% de los encuestados demostrando conocimiento sobre el concepto de un relleno sanitario, la comunidad está mayoritariamente informada y preparada para apoyar la implementación del proyecto. Sin embargo, la resistencia de un pequeño porcentaje de la población, que aún no comprende completamente los beneficios de este sistema, subraya la necesidad de intensificar las campañas de educación ambiental. La sensibilización y participación comunitaria son esenciales para asegurar la colaboración y el éxito a largo plazo del proyecto.

La hipótesis de que los factores sociales y económicos influyen directamente en la implementación de un sistema eficiente de tratamiento de residuos también se ha comprobado. Un alto porcentaje de los encuestados (76%) considera que un relleno sanitario genera menos contaminación que un vertedero, lo que evidencia que la población local reconoce la necesidad de una solución más sostenible y la ventaja de un manejo técnico adecuado de los residuos. Esta aceptación social, junto con la posibilidad de generar empleo y desarrollo económico a través de la gestión del relleno sanitario, abre oportunidades para mejorar la calidad de vida de los habitantes de Chalhuanca,

involucrando a la comunidad de manera activa en la solución del problema de los residuos sólidos.

A través de la investigación, se ha logrado comprobar que un diseño adecuado de relleno sanitario no solo mejora la disposición final de los residuos, sino que también tiene un impacto positivo en la reducción de la contaminación del aire, el agua y el suelo. Los resultados obtenidos validan la hipótesis de que un diseño técnico, basado en los principios de sostenibilidad, puede reducir significativamente los riesgos ambientales y de salud pública asociados con los vertederos informales. Además, el diseño propuesto ofrece una solución a largo plazo para la gestión de residuos en Chalhuanca, proyectándose para una vida útil superior a 10 años. Este diseño, adaptado a las particularidades del distrito, puede servir como modelo replicable para otras áreas rurales del país que enfrenten problemas similares.

Selección del área: El área elegida para la construcción del relleno sanitario en Chalhuanca, Apurímac, cumple con los requisitos técnicos y ambientales establecidos, siendo apropiada para la disposición final de los residuos sólidos.

Método de construcción: El método de zanja o trinchera se considera el más adecuado para las condiciones geográficas del sitio, ya que facilita una excavación eficiente del terreno y permite utilizar el material excavado como cobertura para los residuos. Este enfoque optimiza los recursos y contribuye a la reducción de los costos operativos.

Eficiencia en el tratamiento de lixiviados: El empleo de *Chlorella vulgaris* en el tratamiento de lixiviados demostró una alta eficiencia en la remoción de DQO (64.85%), lo que sugiere que este método podría ser una solución viable para mitigar el impacto ambiental de los lixiviados generados en los rellenos sanitarios.

Gestión de residuos: El diseño del relleno sanitario asegura una gestión adecuada de los residuos sólidos, con un volumen total anual estimado para el primer año de 1,736.34 m³ y un área de 752.41 m², lo que garantiza la capacidad de disposición para los residuos generados en el distrito durante el primer año de operación.

Impacto ambiental: Los sistemas de drenaje de lixiviados y la instalación de chimeneas para el control de gases cumplen con las normativas ambientales vigentes, garantizando una operación segura y sostenible del relleno sanitario, y minimizando el riesgo de contaminación.

VI. RECOMENDACIONES

Optimización de la gestión de residuos sólidos en el distrito mediante la implementación de programas de educación ambiental. Estos programas tienen como objetivo sensibilizar a los residentes sobre la importancia de separar y reciclar sus propios desechos en sus hogares, lo que facilitará y agilizará el proceso de tratamiento de los residuos.

Mejoramiento del tratamiento de lixiviados: Aunque *Chlorella vulgaris* mostró una eficiencia aceptable en la reducción de DQO, “se recomienda combinarla con otras especies algales o integrar métodos adicionales de tratamiento biológico para mejorar la eficiencia en la reducción de DBO y otros contaminantes orgánicos”[69].

Monitoreo continuo: Es fundamental realizar un monitoreo continuo de los parámetros de calidad del lixiviado y de los gases generados en el relleno sanitario, para asegurar que el proceso de descomposición y tratamiento cumpla con los estándares ambientales establecidos por las normativas nacionales.

Dado el crecimiento anticipado de la población en Chalhuanca, se sugiere realizar una evaluación periódica de la generación de residuos sólidos, con el objetivo de ajustar la capacidad del relleno sanitario y garantizar su funcionamiento sostenible a largo plazo.

A medida que progresa la operación del relleno sanitario, es fundamental realizar ajustes en el diseño de las zanjas, considerando que diversos factores pueden experimentar variaciones a lo largo de la ejecución del proyecto. Esto implica la excavación anticipada de las zanjas para prevenir posibles inconvenientes operativos.

Se recomienda realizar una investigación adicional sobre la eficiencia energética del sistema, enfocándose especialmente en el uso de bombas y aerogeneradores, con el fin de optimizar el consumo de energía y disminuir los costos operativos a largo plazo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MINAM, ““Perú genera un promedio de 21 mil toneladas de residuos municipales al día.””
- [2] A. A. Chucos Palomino, “Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero ‘El Porvenir’ - El Tambo,” Universidad Continental, 2020.
- [3] OEFA, “Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial,” 2015.
- [4] J. Pon, “Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo,” *Organ. las Nac. Unidas*, p. 102, 2019.
- [5] “Hay un déficit de 246 rellenos sanitarios MINAM,” diario el correo.
- [6] Ministerio del Ambiente, “Plan Nacional De Gestión Integral de Residuos Sólidos,” 2016, *Ministerio del Ambiente, Lima - Perú, Lima*. [Online]. Available: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
- [7] A. Sæbø and F. Ferrini, “The use of compost in urban green areas – A review for practical application,” *ELSEIVER*, vol. 4, no. 2006, pp. 159–169, 2006, doi: 10.1016/j.ufug.2006.01.003.
- [8] UPB, “Manejo de residuos sólidos,” Universidad Pontificia Bolivariana.
- [9] V. Fuentes Correa and A. Argüello Mejía, “Indicadores de contaminación visual y sus efectos en la población,” *Enfoque UTE*, vol. 6, no. 3, p. 18, 2015, doi: 10.29019/enfoqueute.v6n3.74.
- [10] K. A. Alanya Espinoza, ““ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE CONAYCA, PROVINCIA Y REGIÓN HUANCAMELICA EN EL AÑO 2019,”” Universidad Nacional De Huancavelica, 2023.

- [11] J. Aguilar Larota, “VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE SICUANI – 2019,” Universidad Antonio Ruiz De Montoya, 2022.
- [12] J. A. Palacios Mamani, “IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE ILAVE-PUNO, 2021,” Universidad Privada San Carlos, 2022.
- [13] L. F. Manrique Sánchez, “RESIDUOS DOMÉSTICOS Y SU RELACIÓN CON LA CULTURA AMBIENTAL, EN LA ZONA DE MASUSA - PUNCHANA - 2014,” Universidad Nacional De La Amazonia Peruana, 2015.
- [14] I. M. Albán Meléndez, “Caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario,” *Rev. Latinoam. Difusión Científica*, p. 12, 2022, doi: 10.38186/difcie.47.03.
- [15] A. T. Livias Pineda, “Gestión de residuos sólidos y la cultura ambiental en la Red Asistencial Ancash - EsSalud, 2021,” Universidad Cesar Vallejo, 2022.
- [16] M. del Ambiente, “D.L. N° 1278 Ley de gestión integral de residuos sólidos,” *D. El Peru.*, p. 17, 2016.
- [17] L. D. Cajamarca Quinllin, Juan Carlos Velasco Tipan, “Diseño preliminar de un relleno sanitario para la gestión de desechos sólidos del cantón Guano,” Univerisdad Nacional de Chimborazo, 2024.
- [18] B. D. Pozo Cruz and M. A. Rengifo Garcia, “Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador”, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023.
- [19] M. A. Moreno Machado, “Propuesta para el manejo de residuos sólidos en el relleno sanitario del Distrito Especial de Barrancabermeja-Santander,” Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2022.
- [20] M. C. Huerfano Suarez, “IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL RELLENO SANITARIO DE DOÑA JUANA EN BOGOTÁ, D.C.,” Universidad Pedagógica Nacional, 2020.
- [21] I. M. Gavilanez Alvarez, “Plan de manejo ambiental para un botadero de basura. Caso de estudio Cantón Guamote,” *Revista Caribeña de ciencias sociales* .
- [22] B. A. Maurad Carrion, “Evaluación De Impactos Ambientales Del Botadero Municipal Del Cantón Arenillas,” Universidad Técnica De Machala, 2019.
- [23] K. D. Manobanda Lara, “Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos del botadero

- municipal de Quinsaloma y el efecto que genera el lixiviado en el estero ‘Cerrito,’” Universidad Tecnica Estatal De Quevedo, 2016.
- [24] L. P. Angulo Valencia, “Deterioro Ambiental y Afectaciones en la Salud Pública como Resultado de la Inadecuada Implementación del Relleno Sanitario en Córdoba,” Centro De Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019.
 - [25] B. F. Muñoz Estrada, “Propuesta de un diseño de relleno sanitario en el distrito de Pachamarca, provincia Churcampá, Huancavelica, 2022,” Universidad Continental, 2024.
 - [26] H. Arhuata Peraza, “Propuesta de diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos del Distrito de Acora, Puno - 2023,” Universidad privada san carlos, 2024.
 - [27] M. A. Capcha Quispe, ““Diseño de relleno sanitario en el distrito de Moya, Huancavelica”,” Universidad Nacional de Huancavelica, 2023.
 - [28] M. López Chavez and C. Purihuamán Leonardo, “Impacto Ambiental Generado por el Botadero de Residuos Sólidos en un caserío de la ciudad de Chota,” *Rev. Investig. y Cult.*, vol. 7, no. Habilidades Gerenciales en una consultora de obras: un análisis cualitativo, p. 10, 2018.
 - [29] A. A. Chucos Palomino, “Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero ‘El Porvenir’ - El Tambo,” Universidad Continental, 2020.
 - [30] M. López Chávez, ““IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CASERÍO RAMBRAN, DISTRITO DE CHOTA,”” Universidad Cesar Vallejo, 2018.
 - [31] H. K. Tarrillo Potenciano and M. B. Tenorio Bernilla, “IMPACTO AMBIENTAL DEL BOTADERO DE LA CIUDAD DE FERREÑAFE – 2019,” Universidad De Lambayeque, 2019.
 - [32] I. Ambiental, “¿Cómo funciona un relleno sanitario?”
 - [33] Decologia, “Relleno Sanitario.”
 - [34] MINAN, “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado,” *Red Inst. Espec. en Capacit. para la Gest. Integr. los residuos solidos*, p. 137, 2008.
 - [35] Estrucplan, “Principios básicos de un relleno sanitario.”
 - [36] MINAM, “Decreto Legislativo N° 1501 Modifica el Decreto Legislativo N° 1278,” *D. Of. El Peru.*, vol. Lima, no. Perú, p. 6, 2020.

- [37] MINAM, “Residuos municipales generados anualmente.”
- [38] MINAM, “Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales.”
- [39] MINAM, “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual.”
- [40] C. A. Rivas Arias, “Piensa Un Minuto Antes De Actuar: Gestión Integral De Residuos Solidos,” *Gest. Integr. Residuos Solidos.*, p. 63, 2018.
- [41] Lifeder, “Residuos sólidos.”
- [42] L. 27314, “Ley general de residuos,” 2000, *el peruano, lima Perú-2000*.
- [43] PCM, *Ley General de Residuos Sólidos*. Perú, 2009. [Online]. Available: https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/legislacion/Ley_27314_Ley_General_de_Residuos_Sólidos.pdf
- [44] M. y P. Abad, “Compostaje de residuos orgánicos generados en la hoya de Bunol (Valencia) con fines hortícolas. Ed. Asociación para la Promoción Socioeconómica Interior Hoya de Bunol, Valencia, 100 p. - Referencias - Editorial Investigación Científica.”
- [45] A. Barradas Rebolledo, *Gestión integral de residuos sólidos municipales: estado del arte*. Minatitlán, Veracruz, México: Universidad Politécnica de Madrid, 2009.
- [46] “Decreto Legislativo N° 1278.”
- [47] M. N. Rojas Valencia, “Manejo integral de RSU . Impacto ambiental y costos,” 2009.
- [48] MINAN, “ANEXO 4 Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos Conocimientos científicos básicos,” pp. 1–6, 2018.
- [49] Tulsma, “Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente,” *Regist. Of. Edición Espec.*, p. 407, 2017.
- [50] Minam, “Diseño, construccion, operacion, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”.
- [51] J. A. Solis Quispe, “Actitud de conservación del medio ambiente y su relación con estrategias de formación ambiental en estudiantes de la facultad de educación – UNSAAC,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, 2018.
- [52] L. martinez centeno, “RESIDUOS,” p. 32, 2008.
- [53] Municipalidad Metropolitana de Lima, “Ordenanza N°2269, Aprueban el Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2020-2024 (PIGARS),” *D. El Peru.*, p. 2020,

2024.

- [54] “¿Por qué es tan necesaria la sensibilización? | eACNUR.”
- [55] CONAM, “Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos,” *Minist. Salud DIGESA*, p. 98, 2004.
- [56] CEPIS, “GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE ESTABLECIMIENTOS DE SALUD EN TANDIL,” *Revista Estudios Ambientales*.
- [57] L. Castillo & M. Luzardo, “Evaluación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga Solid Waste Management Evaluation at the Universidad Pontificia,” *Scielo*, vol. 22, no. 34, pp. 71–84, 2013.
- [58] S. Diaz Bardales, “Conocimiento sobre el manejo de residuos sólidos municipales en los mercados del distrito de Iquitos, Región Loreto-2016,” *Universidad Científica Del Perú*, 2017.
- [59] OEFA, “Inventarios de residuos sólidos del OEFA.”
- [60] “Tratamiento de residuos sólidos urbanos más usados.”
- [61] I. L. ROJAS ESTRADA, “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE TARMA DE LA PROVINCIA DE TARMA,” *UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE*, 2017.
[Online]. Available:
https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/001/123/1123669.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20220731%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220731T220116Z&X-Amz-SignedHeaders=h
- [62] “Distrito de Chalhuanca - Wikipedia, la enciclopedia libre.”
- [63] “Departamento de Apurímac - Wikipedia, la enciclopedia libre.”
- [64] R. Hernandez, C. Fernandez, and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, Sexta Edic. Mexico: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, 2014.
- [65] M. Tamayo y Tamayo, *El Proceso de la Investigación Científica. Incluye evaluación y Administración de Proyectos de Investigación*, Cuarta Edi. Mexico - Mexico, 2003.
- [66] R. Hernandez Sampieri, C. Fernandez Collado, and M. del P. Baptista Lucio, *Definición del alcance de la investigación a realizar: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa*. 2010.

- [67] E. Cabezas, D. Andrade, and J. Torres, *Introduccion a la Metodologia de la Investigacion Cientifica*. Ecuador, 2018.
- [68] S. Carrasco Diaz, “Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación,” Universidad de San Martín de Porres.
- [69] M. T. Orta De Velasquez, I. Monje-Ramirez, and I. Yañez Noguez, “Saline landfill leachate disposal in facultative lagoons for wastewater treatment,” *Environ. Technol.*, vol. 33, no. December 2014, pp. 37–41, 2012, doi: 10.1080/09593330.2011.567301.