



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL



**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS
DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM
DISTRITO DE ZEPITA - 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS
DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM
DISTRITO DE ZEPITA - 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. FRITZ WILLY MAMAN APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 335-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 23 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-2873 presentado por el (la) Bachiller: **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miercoles 28 de mayo del 2025
- * **HORA** : 08:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (e)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1880-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 18101 por el señor (a): **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1563 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 137- 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. **Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 137- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Eiram Palillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 992-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-10747, presentado el señor (a) **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 856 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 105 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 105 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión


Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Evelyn Geraldine Aceituno Chayña
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76947823
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-5287-6186
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Fritz Willy Mamani Apaza
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jesús Esteban Castillo Machaca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Ubicación País: Perú Departamento: Puno Provincia: Chucuito Distrito: Zepita Coordenadas Latitud: 14° 26' 44.397" S Longitud: 69° 30' 12.513" W Geolocalización https://maps.app.goo.gl/zrHW6jTRyAsxJrbw5
	
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Mayo 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería, Tecnología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00 Ingeniería ambiental y geológica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA, identificado con DNI Nro. 76947823 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación**, **Trabajo Académico** denominada:

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA - 2024

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de Julio del 2024

Firma del Asesor

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificio han sido mi mayor inspiración a lo largo de este camino. A mis hermanos, por su aliento constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. A mis amigos, por su paciencia y ánimo en cada paso de este proceso. A mis profesores y mentores, por compartir sus conocimientos y guiarme con sabiduría. Finalmente, a Dios, por darme la fortaleza y perseverancia necesarias para alcanzar este logro. A todos, gracias por ser parte de este viaje que hoy culmina con éxito.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y salud para culminar esta tesis. A mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, y a mis hermanos, por su constante aliento. Gracias a mis profesores y asesores por su valiosa orientación, y a mis amigos por su comprensión y motivación. A mis compañeros de estudio, por compartir ideas y experiencias que enriquecieron este proceso. Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este proyecto, les expreso mi más sincero agradecimiento.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1. Problema General.....	3
1.1.2. Problemas Específicos	3
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos	4
1.3. HIPÓTESIS GENERAL	4
1.3.1. Hipótesis específicas.	4
1.4. VARIABLES.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	5
1.5.1. Justificación Teórica	6
1.5.2. Justificación Practica.	6
1.5.3. Justificación Metodológica.....	6
1.6. ALCANCES Y LIMITACIÓN	7



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	BASE TEÓRICA	9
2.1.1.	Definiciones	9
2.2.1.1.	Residuos sólidos.	9
2.2.1.2.	Sistema integral de residuos solidos	12
2.2.1.3.	Dinamica de sistemas	14
2.2.1.4.	Sistema dinamico	16
2.2.1.5.	Modelo de simulacion	19
2.2.1.6.	Software vensim	20
2.2.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2.1.	Internacional	22
2.2.2.	Nacional	24
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	26

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	33
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	34
3.4.	CASO DE ESTUDIO.	34
3.5.	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	35
3.6.	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	36
3.7.	POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.7.1.	Población	36
3.7.2.	Muestra	37



3.8. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN 37

 3.8.1. Recolección de información..... 37

 3.8.2. Denominación de variables 38

 3.8.3. Caracterización del Sistema de Gestión Integral como Sistema Dinámico 40

3.8.3.1. Definición de aspectos importantes en la investigación 40

3.8.3.2. Creación de diagrama causal 40

3.8.3.3. Diseño dinámico del Sistema de gestión Integral de Residuos Sólidos 42

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL DISEÑO. 44

 4.1.1. Análisis de diagrama causal..... 44

 4.1.2. Análisis del sistema de flujo..... 45

 4.1.3. Análisis Resultado Simulaciones..... 45

 4.1.4. Discusión de resultados para la Optimización del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 49

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN 55

CONCLUSIONES 58

RECOMENDACIONES..... 60

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA 62

ANEXOS 68



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Disposición final en el escenario actual y el primer escenario	50
Tabla 2: Disposición final en el segundo escenario y el tercer escenario.....	51
Tabla 3: Disposición final en el cuarto escenario.	51
Tabla 4: Simulación del crecimiento demográfico	69
Tabla 5: Crecimiento demográfico real.....	69
Tabla 6: Residuos Aprovechados.....	70
Tabla 7: Residuos Desaprovechados.....	70



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recolección de residuos sólidos distrito de Zepita	11
Figura 2: Dinamica de sistemas	16
Figura 3: Sistema Dinamico.....	18
Figura 4: Diagrama Causal.....	41
Figura 5: Diseño dinamico	42
Figura 6: Simulación del crecimiento demográfico.....	47
Figura 7: Población real según datos del INEI	48
Figura 8: Residuos Dispuestos	49
Figura 9: Residuos aprovechados	53
Figura 10: Residuos desaprovechados	54



RESUMEN

En esta investigación se analiza la gestión de residuos sólidos en el distrito de Zepita, con el objetivo de evaluar el sistema de gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita aplicando sistemas dinámicos con el software Vensim, con el fin de identificar áreas de mejora y optimizar la eficiencia del sistema. Se identificaron cuatro escenarios simulados para evaluar el desempeño del sistema, considerando variables clave como la separación en la fuente, el reciclaje y la revalorización de residuos. Los resultados muestran que, al triplicar la separación en la fuente, se lograron mejoras significativas en la eficiencia del reciclaje y el aprovechamiento de residuos orgánicos. Los escenarios más efectivos combinan un incremento en la separación y el reciclaje, destacando el cuarto escenario con un aprovechamiento de residuos del 21,12%, el cual generó los mejores resultados en términos de calidad ambiental y reducción de residuos en disposición final.

A partir de los hallazgos, se recomienda promover la separación en la fuente, mejorar la infraestructura de reciclaje, integrar la gestión de residuos en los planes de desarrollo urbano y rural, y fortalecer la educación y sensibilización de la comunidad. Estas acciones contribuirán a una gestión más eficiente y sostenible de los residuos sólidos.

Palabras clave: Gestión de residuos, Separación en la fuente, Reciclaje y revalorización.



ABSTRACT

This research analyzes solid waste management in the Zepita district, with the objective of evaluating the integrated solid waste management system in the Zepita district by applying dynamic systems with Vensim software, in order to identify areas for improvement and optimize the efficiency of the system. Four simulated scenarios were identified to evaluate the performance of the system, considering key variables such as separation at source, recycling and waste revaluation. The results show that by tripling source separation, significant improvements in recycling efficiency and organic waste recovery were achieved. The most effective scenarios combine an increase in separation and recycling, highlighting the fourth scenario with a waste recovery of 21.12%, which generated the best results in terms of environmental quality and reduction of waste in final disposal.

Based on the findings, it is recommended to promote separation at the source, improve recycling infrastructure, integrate waste management into urban and rural development plans, and strengthen community education and awareness. These actions will contribute to more efficient and sustainable solid waste management.

Keywords: Waste management, Separation at source, Recycling and revalorization.



INTRODUCCIÓN

La administración de desechos sólidos ha emergido como un reto creciente para numerosas comunidades en todo el mundo, especialmente en aquellas que enfrentan un rápido incremento demográfico y urbano. En el distrito de Zepita, el volumen de residuos sólidos generados ha registrado un notable aumento en los últimos años, ocasionando efectos adversos en el entorno, la sanidad pública y el bien para con la comunidad. La falta de un sistema para gestionar los desechos que sea eficiente y sostenible ha resultado en la saturación de los rellenos sanitarios y el uso inadecuado de áreas destinadas para su disposición final, lo que ha derivado en cuestiones como la polución de tierras, masas de agua y atmósfera.

Frente a esta situación, se presenta la urgencia de implementar un enfoque holístico y adaptable que permita evaluar y optimizar el sistema de manejo de desechos sólidos en Zepita. La presente investigación propone el uso del software Vensim, una herramienta que facilita la creación de modelos de simulación basados en sistemas dinámicos. Esta metodología permite analizar las interacciones y retroalimentaciones entre los diferentes componentes que integran el sistema de gestión de residuos, ofreciendo una perspectiva integral y minuciosa de su funcionamiento a lo largo del tiempo. A través de la simulación de diferentes escenarios, se pretende descubrir las estrategias más efectivas para mejorar la recolección y gestión y gestión de los desechos sólidos, favoreciendo la sostenibilidad del entorno y el bienestar de los usuarios.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el desempeño del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita mediante la aplicación



de un modelo dinámico que permita analizar y proyectar el impacto de diferentes estrategias de gestión. Se analizarán variables clave como la separación en origen, la reutilización y reciclaje, la habilidad de los vertederos y las tácticas de gestión de residuos finales, para determinar cómo afectan la eficiencia y sostenibilidad del sistema actual. De esta manera, se pretende ofrecer recomendaciones concretas que actúen como fundamento para la elección de decisiones en la ejecución de optimizaciones.

En la presente investigación se estructuran cinco capítulos fundamentales que permiten un desarrollo coherente y ordenado del estudio. En el primer capítulo se expone el planteamiento del problema, donde se identifica la situación problemática, los objetivos, la justificación y el alcance del estudio. El segundo capítulo está dedicado al marco teórico, el cual recopila y analiza antecedentes, conceptos clave, teorías relevantes y la base legal vinculada a la gestión integral de residuos sólidos. El tercer capítulo especifica la metodología utilizada, especificando el tipo, nivel y diseño de la investigación, además de los métodos e instrumentos empleados para la recopilación y estudio de los datos. El capítulo cuatro expone los resultados alcanzados y su discusión, contrastando los hallazgos con los objetivos propuestos y la literatura revisada. Finalmente, el quinto capítulo incluye las conclusiones y sugerencias obtenidas del estudio, dirigidas a optimizar la administración de desechos sólidos en el distrito de Zepita y fomentar un enfoque sustentable para el futuro.

En resumen, esta investigación no solo pretende aportar al conocimiento académico no solo se enfoca en la administración de residuos sólidos, sino que también proporciona un recurso útil que apoye a las autoridades locales y a la



comunidad de Zepita en la confrontación efectiva de los desafíos relacionados con la gestión de sus basuras. Esto promoverá el establecimiento de un sistema que sea más eficaz y sostenible, capaz de cubrir las demandas presentes y futuras de la sociedad.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En tiempos recientes, la gestión de desechos sólidos ha surgido como un desafío mundial a causa del aumento demográfico, la urbanización y la transformación en los patrones de consumo. La ONU proyecta que, para el año 2050, la producción de desechos a nivel global podría aumentar en un 70 % en comparación con los niveles actuales, lo que representa un grave desafío ambiental y sanitario (ONU, 2018). En los países en desarrollo, este tema se vuelve aún más alarmante, debido a la falta de infraestructura y recursos apropiados complica la gestión eficiente de los residuos, provocando la polución de terrenos, cuerpos acuáticos y atmósfera, además de favorecer la propagación de enfermedades.

Según lo señalado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en la región suramericana y del Caribe, se generan alrededor de 540 mil toneladas de desechos sólidos cada día, de los cuales más de la mitad no son administradas de forma correcta (BID, 2020). Este inconveniente impacta negativamente en el bienestar de las personas como a los ecosistemas, evidenciando la urgencia de implementar sistemas de gestión más eficaces y sostenibles. En el caso de Perú, el Ministerio del Ambiente (MINAM) señala que, a nivel nacional, solo el 47 % de



los residuos sólidos es gestionado formalmente, mientras que la mayoría de los vertederos y rellenos sanitarios operan al límite de su capacidad (MINAM, 2020).

Ante este escenario, resulta crucial la implementación de herramientas y enfoques que permitan optimizar la administración de desechos sólidos. La aplicación de modelos dinámicos fundamentados en sistemas ha mostrado su efectividad para estudiar y prever el comportamiento de sistemas complejos a lo largo del tiempo, ofreciendo datos valiosos que apoyan la toma de decisiones. Un ejemplo exitoso es el estudio realizado por (Vallejo Santamaría, 2024) en Ecuador, donde se aplicó el software Vensim para modelar el sistema de administración de desechos sólidos del cantón Pujilí. Este estudio permitió identificar las principales variables que afectan la eficiencia del sistema y, a través de la simulación de diferentes escenarios, se lograron proponer soluciones que aumentaron la habilidad de recolectar, reciclar y gestionar adecuadamente los desechos.

En el área de Zepita, la expansión demográfica y la elevación en la producción de desechos sólidos han ocasionado una condición alarmante que demanda la implementación de un sistema de gestión más eficaz. Sin embargo, no existen estudios previos que aborden esta problemática utilizando enfoques dinámicos y herramientas como Vensim, lo que demuestra la urgencia de llevar a cabo estudios que faciliten la evaluación y optimización del sistema de gestión vigente. La presente investigación, por lo tanto, tiene como objetivo llenar este vacío, proporcionando un análisis detallado y una propuesta de mejora basada en la aplicación de modelos dinámicos, contribuyendo a la implementación de estrategias de gestión sostenible en Zepita.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1.1. Problema General

¿Cuál es la eficiencia del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita y cómo puede ser mejorado mediante la aplicación de sistemas dinámicos utilizando el software Vensim?

1.1.2. Problemas Específicos

PE₁ ¿Cuáles son los componentes y procesos críticos del sistema actual de gestión de residuos sólidos en el distrito de Zepita, y cómo pueden ser modelados dinámicamente utilizando el software Vensim?

PE₂ ¿Cómo afectan diferentes escenarios operativos y políticas de gestión de residuos sólidos la eficiencia y efectividad del sistema en el distrito de Zepita, según las simulaciones realizadas con Vensim?

PE₃ ¿Cuáles son los cuellos de botella y áreas de mejora en el sistema de gestión de residuos sólidos en Zepita identificados a través del análisis de los resultados de las simulaciones, y qué recomendaciones se pueden derivar para optimizar el sistema?

1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el sistema de gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita aplicando sistemas dinámicos con el software



Vensim, con el fin de identificar áreas de mejora y optimizar la eficiencia del sistema.

1.2.2. Objetivos Específicos

OE₁ Desarrollar un modelo dinámico del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita utilizando el software Vensim, incorporando todas las etapas del proceso desde la generación hasta la disposición final.

OE₂ Simular diferentes escenarios operativos y políticas de gestión de residuos sólidos en el modelo Vensim para evaluar su impacto en la eficiencia del sistema y en la reducción de residuos.

OE₃ Identificar y analizar los cuellos de botella y las oportunidades de mejora en el sistema de gestión de residuos sólidos mediante el análisis de los resultados de las simulaciones, proporcionando recomendaciones basadas en datos para optimizar el sistema.

1.3. HIPÓTESIS GENERAL

La aplicación de sistemas dinámicos mediante el software Vensim permitirá evaluar y mejorar significativamente la eficiencia y efectividad del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita, optimizando los recursos disponibles y minimizando el impacto ambiental.

1.3.1. Hipótesis específicas.

HE₃ El desarrollo de un modelo dinámico del sistema de gestión de residuos sólidos en el distrito de Zepita mediante Vensim identificará de manera efectiva los componentes y procesos



críticos, permitiendo una comprensión detallada de las áreas que requieren mejoras.

HE₃ La simulación de diferentes escenarios operativos y políticas de gestión de residuos sólidos en Vensim demostrará que la implementación de políticas específicas aumentará significativamente la eficiencia del sistema y reducirá la cantidad de residuos sólidos generados.

HE₃ El análisis de los resultados de las simulaciones permitirá identificar los cuellos de botella y áreas de mejora en el sistema de gestión de residuos sólidos en Zepita, proporcionando recomendaciones basadas en datos que optimizarán el sistema y aumentarán la sostenibilidad del manejo de residuos.

1.4. VARIABLES

Variable independiente: Modelo Dinámico basado en enfoque de sistemas

Variable dependiente: Efectos del sistema de residuos sólidos

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Este estudio es fundamental para abordar el aumento del desafío relacionado con la ineficaz gestión de desechos sólidos en la zona de Zepita, fomentando la sostenibilidad ecológica y elevando el bienestar de sus pobladores. La utilización del software Vensim permitirá desarrollar un esquema versátil que analizará y predecirá la conducta del sistema de gestión de residuos, permitiendo identificar los métodos más eficaces para su control y tratamiento. Esta investigación proporciona un enfoque



integral y práctico que ayudará a las entidades locales en la realización de elecciones fundamentadas para mejorar el procedimiento de recolección, reciclaje y disposición final de residuos. En última instancia, los descubrimientos facilitarán la implementación de un sistema de administración. eficaz y sostenible que traerá ventajas tanto a la comunidad como al medio ambiente.

1.5.1. Justificación Teórica

La fundamentación teórica de este estudio se sustenta en el uso de la teoría de sistemas y la simulación dinámica como herramientas fundamentales para la gestión integral de residuos sólidos. El enfoque sistémico permite analizar la complejidad que distingue a los sistemas de gestión de desechos, en los que varios elementos y procesos se relacionan de forma interconectada, impactando el rendimiento global del sistema.

1.5.2. Justificación Práctica.

La razón válida para este estudio se centra en la apremiante demanda de optimizar la administración completa de desechos sólidos en la localidad de Zepita, un desafío que incide directamente en la salud pública, el entorno y la salud de las personas. La aplicación del software Vensim para modelar y simular el sistema de manejo de desechos sólidos constituye una alternativa efectiva y funcional para enfrentar esta problemática.

1.5.3. Justificación Metodológica

La razón metodológica de este estudio se centra en la imperiosa necesidad de mejorar la administración total de desechos sólidos en el



distrito de Zepita, un desafío que incide directamente en la salud comunitaria, el entorno y el bienestar de la ciudadanía. La aplicación del software Vensim para modelar y imitar el sistema de administración de desechos sólidos constituye una alternativa práctica y eficiente para enfrentar esta problemática.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIÓN

El objetivo de este estudio incluye la evaluación del sistema de manejo integral de desechos sólidos en la localidad de Zepita, utilizando la herramienta Vensim para crear un modelo dinámico. Se evaluarán variables como la separación en origen, el reciclaje, la disposición final y la capacidad de los rellenos sanitarios, ofreciendo proyecciones a corto, mediano y largo plazo. Esto facilitará sugerir avances en la administración de desechos y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Las limitaciones de la investigación incluyen la disponibilidad y calidad de información relacionada con la producción y gestión de desechos en Zepita, lo cual podría afectar la precisión del modelo. Además, los resultados estarán influenciados por factores externos como cambios en políticas gubernamentales y variaciones en el crecimiento poblacional, lo que podría influir en la aplicabilidad y efectividad de las recomendaciones del estudio.

Viabilidad.

El estudio es factible, ya que se cuenta con el software Vensim, una herramienta eficaz y asequible, para simular el sistema de gestión de residuos sólidos en la localidad de Zepita. La recopilación de datos se realizará a través de fuentes oficiales, como municipalidades,



instituciones de gestión ambiental y encuestas locales, garantizando información suficiente y pertinente para la creación del modelo. Asimismo, el enfoque dinámico permite analizar y proyectar diversos escenarios de forma realista, lo que facilita la implementación de estrategias de mejora. Los recursos económicos y técnicos necesarios son manejables, y la colaboración con entidades locales puede aportar valiosa información. Finalmente, el compromiso tanto de la comunidad como de las autoridades para abordar el asunto de los desechos sólidos garantiza que las soluciones encontradas serán prácticas y valiosas para orientar decisiones futuras.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. BASE TEÓRICA

2.1.1. Definiciones

2.2.1.1. Residuos sólidos.

Según (Tchobanoglous et al., 1994), Los desechos sólidos se caracterizan como materiales descartados o residuos derivados de actividades humanas que carecen de valor directo para aquellos que los generan. Los desechos sólidos comprenden residuos de vivienda, comercio, industria, agricultura y otros tipos. Estos se categorizan en desechos orgánicos e inorgánicos, de alto riesgo y de bajo riesgo. Los desechos orgánicos, como los residuos de comida, son biodegradables, en cambio, los inorgánicos, como el plástico y el metal, no son biodegradables. La adecuada gestión de estos residuos es esencial para disminuir el impacto en el medio ambiente y salvaguardar la salud de la población. La categorización facilita la creación de estrategias de administración eficientes, tales como el reaprovechamiento, el reciclaje y la eliminación segura. Entender detalladamente las propiedades y la composición de los residuos sólidos resulta crucial para la planificación y realización de la tarea.



Según (Díaz, 1996), los residuos sólidos pueden generar impactos ambientales negativos si no se gestionan de manera adecuada. El autor destaca que la acumulación y descomposición en acumulación de estos desechos en vertederos y basureros genera la emisión de gases como el metano (CH_4), un gas de invernadero altamente eficaz que empeora el cambio climático. Asimismo, los líquidos residuales resultantes de los desechos pueden polucionar el suelo y los acuíferos, perjudicando tanto los ecosistemas como la salud de las personas. La quema incontrolada de residuos también emite contaminantes atmosféricos, como partículas y dioxinas, perjudiciales para la salud respiratoria. Por ello, es fundamental implementar prácticas de gestión integral que incluyan la reducción en la fuente, la reutilización, el reciclaje y el tratamiento adecuado para mitigar el impacto ambiental.

(Pires et al., 2018) Se subraya la relevancia de una gestión completa de los desechos sólidos, que es un enfoque que toma en cuenta cada etapa del ciclo de vida de los residuos, desde su generación hasta su eliminación definitiva. Esta administración holística se basa en principios como la disminución, reutilización, reciclaje y recuperación de recursos, con la meta de reducir la cantidad de desechos que son asignados a los vertederos. Además, se persigue fomentar la economía circular, en la que los desechos se ven como recursos que pueden ser reincorporados a la cadena de producción. El triunfo de la administración integral se basa en la cooperación entre gobiernos, sector privado y ciudadanos, y demanda infraestructura, educación y políticas eficaces

para promover prácticas sustentables y reducir el impacto en el medio ambiente.

En (Lichtveld & Johnson, 2017), se destaca que las políticas y normativas son cruciales para la gestión efectiva de los residuos sólidos. Las regulaciones establecen los estándares y directrices que deben seguir los gobiernos, empresas y ciudadanos para manejar los desechos de manera segura y responsable. Las políticas incluyen medidas como la clasificación en la fuente, la recolección selectiva, el reciclaje y la creación de infraestructura para la disposición final. Además, existen incentivos y sanciones para fomentar el cumplimiento de las normativas. La correcta implementación de estas políticas garantiza que los residuos sean gestionados de manera sostenible, protegiendo la salud pública y reduciendo el impacto ambiental, promoviendo así el desarrollo sostenible en las comunidades.

Figura 1: Recolección de residuos sólidos distrito de Zepita





Nota: en la imagen se observa la recolección de residuos sólidos en las unidades del distrito, Fuente:

<https://www.gob.pe/institucion/munizepita/noticias/797050-realizan-jornada-de-limpieza-distrital-de-residuos-solidos>

2.2.1.2. Sistema integral de residuos solidos

Según el (Pichtel, 2005), un sistema integral de gestión de residuos sólidos consta de una serie de procesos y acciones estructuradas que buscan orientar los residuos desde su generación hasta su eliminación definitiva, de manera eficaz y sustentable. La meta principal es reducir el efecto en el medio ambiente y la salud, asegurando que los residuos se gestionen de forma segura y responsable. Un sistema integral abarca la recolección, traslado, tratamiento, reutilización y eliminación final, involucrando a varios participantes, tales como las autoridades, el sector industrial y la comunidad. Es imprescindible una administración integral para disminuir la cantidad de desechos, optimizar la recuperación de recursos y fomentar un enfoque sostenible que tome en cuenta factores económicos, sociales y ambientales.

En (Worrell & Vesilind, 2011), Se detalla que un sistema integral de manejo de residuos sólidos incluye varias etapas fundamentales: generación, recolección, transporte, procesamiento y disposición final. La fase de generación conlleva la generación de desechos en viviendas, negocios e industrias. Es fundamental la recolección y el transporte para llevar los residuos a las instalaciones de tratamiento o disposición. El tratamiento abarca procedimientos como el reciclaje, el compostaje y la incineración, que tienen como objetivo disminuir el volumen y el riesgo de



los desechos. Finalmente, la disposición hace referencia al almacenamiento seguro de residuos en vertederos o rellenos sanitarios. Un sistema integral adecuadamente organizado facilita una gestión eficaz y sustentable de los desechos sólidos.

Según (Tchobanoglous & Kreith, 2002), La implicación de los ciudadanos es esencial para el triunfo de un sistema completo de desechos sólidos. La colaboración comunitaria en la separación de desechos en el lugar de origen, el reciclaje y la disminución de residuos aporta de manera significativa a la eficacia del sistema. La formación y sensibilización de la población promueven prácticas sustentables y crean una cultura de responsabilidad con el medio ambiente. Los escritores subrayan que un sistema completo no puede operar de forma eficiente sin la participación activa de los ciudadanos, dado que su implicación facilita la disminución de los desechos que se encuentran en los vertederos y mejora la calidad del proceso de reciclaje y recuperación de materiales.

En (Ghosh, 2019), se discute sobre la manera en que un sistema integral de desechos sólidos debe estar en concordancia con los fundamentos de la economía circular. Esta perspectiva sugiere una transformación de paradigma, evolucionando de un modelo lineal de "crear, utilizar y desechar" a uno circular que persigue el reaprovechamiento, reciclaje y recuperación de recursos. En un sistema integral, se consideran los desechos como posibles recursos que pueden ser reincorporados al proceso productivo, reduciendo la necesidad de recursos naturales y reduciendo la generación de desechos. La implementación de un modelo de economía circular en la gestión de



residuos sólidos promueve la sostenibilidad tanto ecológica como económica, creando oportunidades para la innovación y el surgimiento de nuevas industrias.

2.2.1.3. Dinamica de sistemas

(Forrester, 1961), La dinámica de sistemas se describe como un enfoque para analizar cómo funcionan los sistemas complicados a través del tiempo, empleando modelos que ilustran las relaciones y la retroalimentación entre los diversos componentes del sistema. Esta disciplina utiliza diagramas causales y modelos matemáticos para representar cómo las variables interdependientes interactúan en un sistema. La dinámica de sistemas permite analizar los efectos de las acciones y decisiones a lo largo del tiempo, identificando patrones y comportamientos no lineales. Los sistemas modelados pueden incluir sectores económicos, sociales, ambientales o industriales. El objetivo es comprender la estructura subyacente del sistema y predecir cómo las intervenciones pueden influir en el comportamiento general, ofreciendo datos esenciales para la elaboración de decisiones y el diseño estratégico.

(Sterman, 2000) explica de qué manera la dinámica de sistemas se utiliza para mejorar el método de elección en situaciones complicadas y cambiantes. Mediante la construcción de modelos que representan las interacciones entre variables, es posible simular escenarios y evaluar las consecuencias a largo plazo de diferentes políticas o estrategias. Esta herramienta es especialmente útil para identificar efectos secundarios, bucles de retroalimentación y comportamientos inesperados que podrían



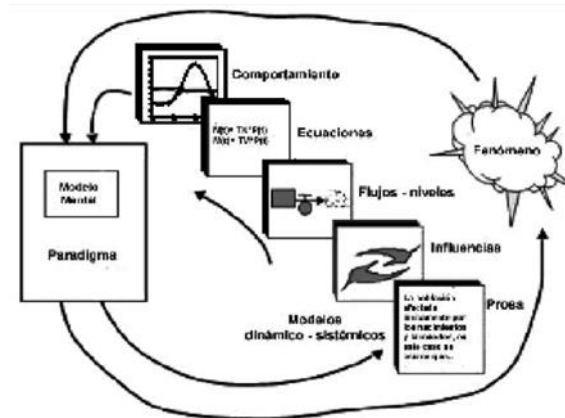
no ser evidentes a simple vista. La dinámica de sistemas ofrece una forma de anticipar los resultados de decisiones en un entorno incierto, permitiendo a los gestores desarrollar soluciones más sostenibles y efectivas en ámbitos como negocios, medio ambiente y políticas públicas.

En (White, 2014), se mencionan los elementos esenciales que conforman la dinámica de sistemas: bucles de retroalimentación, acumulaciones, flujos y demoras. Los bucles de retroalimentación pueden ser reforzadores (positivos) o equilibradores (negativos) y determinan cómo un cambio en una variable afecta al sistema en general. Las acumulaciones representan las cantidades almacenadas dentro del sistema, mientras que los flujos son los procesos que aumentan o disminuyen estas acumulaciones. Las demoras se refieren al tiempo que tarda una acción en influir en otra variable. Entender estos elementos es fundamental para modelar y analizar cómo los sistemas complejos se comportan a lo largo del tiempo.

El (Rebs et al., 2019) resalta la relevancia de la dinámica de sistemas en el campo de la sostenibilidad. Según los autores, la dinámica de sistemas permite modelar y analizar problemas ambientales complejos, como la administración de los recursos naturales, la variación climática, los recursos naturales y la polución. Al identificar las interrelaciones y dependencias entre factores económicos, sociales y ambientales, se pueden diseñar políticas y estrategias que promuevan un desarrollo sostenible a largo plazo. La metodología facilita la simulación de escenarios futuros y el análisis de los impactos potenciales de

diferentes acciones, ayudando a los tomadores de decisiones a formular soluciones integrales que aborden los desafíos de la sostenibilidad.

Figura 2: Dinamica de sistemas



Nota: La ilustración simboliza la perspectiva de la dinámica de sistemas, que facilita el análisis del comportamiento de sistemas complejos a través del tiempo mediante la identificación de variables, retroalimentaciones, acumulaciones y flujos. Este enfoque ayuda a entender las conexiones entre los elementos del sistema de manejo de desechos sólidos, respaldando la formulación de decisiones clave y la revisión de estrategias en diferentes situaciones. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Modelado-y-Simulacion-con-la-Dinamica-de-Sistemas_fig1_305503842

2.2.1.4. Sistema dinámico

En (Kluever, 2015), un sistema dinámico se caracteriza como un grupo de componentes interconectados que cambian su estado a lo largo del tiempo en respuesta a entradas, procesos internos y condiciones iniciales. Estos sistemas pueden ser modelados matemáticamente mediante ecuaciones diferenciales, permitiendo analizar su comportamiento y evolución en el tiempo. La naturaleza de un sistema



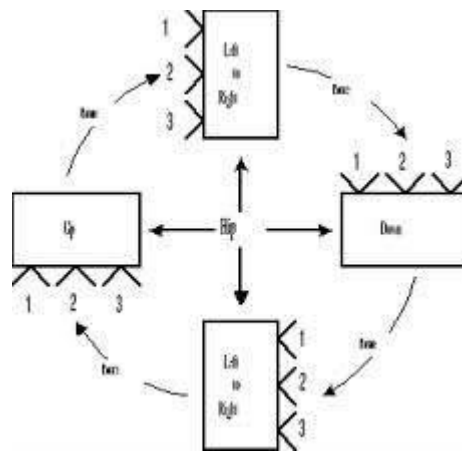
dinámico es compleja, ya que incluye elementos que interactúan de manera continua y pueden exhibir comportamientos lineales o no lineales. Este enfoque es esencial para comprender y predecir el funcionamiento de sistemas naturales y sintéticos en campos como la ingeniería, la economía y la ecología.

(Strogatz, 2018) describe que los sistemas dinámicos se caracterizan por la evolución de sus variables en función del tiempo, mostrando comportamientos que van desde la estabilidad hasta el caos. Los sistemas pueden reaccionar de manera predecible a pequeñas perturbaciones o exhibir comportamientos complejos e impredecibles. Los modelos no lineales son especialmente relevantes porque reflejan cómo las mínimas modificaciones en las condiciones iniciales pueden conducir a resultados notablemente distintos, lo que se conoce como sensibilidad al estado inicial. Esta característica hace que el estudio de los sistemas dinámicos sea crucial para entender fenómenos como el clima, la biología y la economía.

En (Franklin et al., 2010), se enfatiza la importancia del modelado en la comprensión de los sistemas dinámicos. El modelado implica la representación matemática de un sistema real mediante ecuaciones que describen cómo cambia el sistema con el tiempo. Los modelos pueden ser continuos o discretos y facilitan la simulación y el análisis del comportamiento del sistema en diversas circunstancias. El uso de técnicas de retroalimentación es crucial para controlar y estabilizar los sistemas dinámicos, permitiendo la predicción y ajuste de las respuestas del sistema ante variaciones o perturbaciones.

En (Deaton & Winebrake, 1999) se aborda cómo los sistemas dinámicos son herramientas poderosas para modelar y analizar problemas ambientales complejos, como la polución, el calentamiento global y la administración de recursos naturales. Los autores explican que, al identificar las variables y sus interacciones, se pueden crear modelos que representen el comportamiento de sistemas ecológicos y sociales en el tiempo. Estos modelos permiten evaluar cómo las acciones humanas impactan en el medio ambiente y prever las consecuencias a largo plazo varias políticas y decisiones, favoreciendo la puesta en marcha de estrategias más sustentables y eficaces para la administración del medio ambiente.

Figura 3: Sistema Dinamico



Nota: La imagen muestra un sistema dinámico aplicado a la gestión de residuos sólidos, compuesto por variables interconectadas que permiten simular su comportamiento a lo largo del tiempo. Este modelo incluye elementos como generación de residuos, recolección, tratamiento y disposición final, integrando bucles de retroalimentación que reflejan la complejidad del sistema y facilitan la identificación de estrategias



eficientes para su mejora. Fuente:

https://www.ecured.cu/Sistema_din%C3%A1mico

2.2.1.5. Modelo de simulación

En (Law & Kelton, 1991), un modelo de simulación se define como una representación abstracta y simplificada de un sistema real, diseñada para imitar su comportamiento a lo largo del tiempo. A través de este modelo, es posible experimentar y analizar cómo diferentes variables y parámetros influyen en la operación del sistema sin requerir intervención en el entorno real. Los modelos de simulación encuentran aplicación en diferentes áreas, como la ingeniería, la economía y la gestión, para entender procesos complejos, predecir resultados y probar estrategias alternativas. Esto permite la realización de elecciones fundamentadas y la mejora en el uso de recursos.

(Shannon, 1975), Se señala que los modelos de simulación son herramientas fundamentales para el proceso decisional, dado que brindan la oportunidad de vivenciar con diversos escenarios y condiciones sin los riesgos ni los costos asociados a la implementación real. Al simular un sistema, los responsables de la toma de decisiones pueden evaluar el impacto potencial de políticas, procesos o cambios estructurales antes de su aplicación. Esta capacidad predictiva y evaluativa es crucial en áreas al igual que la formulación de estrategias, la mejora de procedimientos y la administración de recursos en sistemas complejos.

En (Banks et al., 1996), Se reconocen tres categorías fundamentales tipos de simulaciones: la simulación de eventos separados, la simulación continua y la simulación de Monte Carlo.. La



simulación de eventos discretos representa sistemas que cambian en momentos específicos, la simulación continua se utiliza para sistemas que evolucionan de forma continua a lo largo del tiempo, y la simulación de Monte Carlo se fundamenta en la creación de números aleatorios para modelar sistemas estocásticos. Cada tipo tiene aplicaciones particulares y es útil para analizar problemas en campos como la logística, la manufactura y la salud.

En (Holzbecher, 2012), se destaca La relevancia de los modelos de simulación para enfrentar desafíos ambientales complejos. Los modelos permiten representar y analizar sistemas ecológicos y procesos naturales que interactúan de manera dinámica y no lineal. Por ejemplo, en la gestión de recursos hídricos, los modelos de simulación ayudan a entender cómo las variaciones en la precipitación afectan la disponibilidad de agua. En la gestión de residuos, permiten predecir la acumulación de desechos y evaluar estrategias de reciclaje y reutilización. Estas aplicaciones ayudan en la elaboración de decisiones basadas en información y en la ejecución de políticas de conservación ambiental sostenibles.

2.2.1.6. Software vensim

En (Serman, 2000), se presenta Vensim como un software de simulación de sistemas dinámicos que permite modelar, analizar y optimizar sistemas complejos. El autor destaca que Vensim facilita la representación visual de variables y relaciones mediante diagramas causales y de Forrester, lo que resulta útil para entender la estructura y comportamiento de sistemas en áreas como la economía, la ingeniería y la gestión. Su capacidad para



simular diferentes escenarios y realizar análisis de sensibilidad lo convierte en una herramienta versátil para analizar la dinámica de sistemas complejos en un ambiente comprensible y amigable.

En (Karnopp et al., 2012), Se destaca que Vensim constituye una herramienta robusta para llevar a cabo simulaciones de sistemas dinámicos, especialmente en el estudio de sistemas económicos, sociales y ambientales. El software permite desarrollar modelos cuantitativos que representan la evolución de sistemas a lo largo del tiempo, facilitando la identificación de patrones, la ejecución de proyecciones y la valoración de políticas o acciones. Vensim se utiliza ampliamente en la academia, la investigación y la industria con el fin de optimizar el entendimiento y el proceso de selección en sistemas complejos.

En (Volling & Spengler, 2011), se describen las características de Vensim, como su capacidad para modelar variables continuas y discretas, realizar simulaciones determinísticas y estocásticas, y llevar a cabo análisis de sensibilidad. Vensim ofrece funciones avanzadas para identificar la estructura causal de un sistema, probar diferentes escenarios y optimizar procesos mediante su interfaz gráfica intuitiva. Además, permite integrar datos históricos y compararlos con los resultados simulados, lo que facilita la validación y ajuste del modelo, asegurando su precisión y confiabilidad para el análisis.

En (Taylor & Francis, 2019), se destaca cómo Vensim es utilizado para abordar problemas de sostenibilidad y administración de recursos naturales. Mediante la simulación de sistemas complejos como la gestión de residuos, el consumo de energía y la conservación del agua, Vensim

permite evaluar el impacto de diferentes políticas y estrategias a largo plazo. Su capacidad para simular interacciones y retroalimentaciones dentro de un sistema ayuda a los encargados de la toma de decisiones a reconocer soluciones óptimas y sostenibles que promuevan el balance entre el crecimiento económico y la protección del entorno natural.

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizaron revisiones de libros, recursos en línea y diversas tesis y bibliografías relacionadas con el tema. Además, se consultaron los repositorios de distintas universidades para obtener más información y orientar la investigación. A continuación, se presenta lo encontrado:

2.2.1. Internacional

a). (Vallejo Santamaría, 2024) en el cual, para examinar el sistema de gestión de desechos sólidos en el Cantón Pujilí, se utilizó la herramienta Vensim para llevar a cabo un análisis dinámico. Este análisis incluyó la identificación y evaluación de las variables que impactan la gestión de los residuos ordinarios del cantón. Se concluyó que una de las variables fundamentales es la separación en la fuente, la cual está afectada por el incremento de la población, además de la actividad de reciclaje, la utilización de residuos orgánicos, la capacidad del vertedero y su disposición final.

Se desarrolló un enfoque para medir la efectividad del sistema vigente de gestión de residuos sólidos a través de la simulación utilizando Vensim. Esta evaluación abarcó la contraposición del rendimiento actual del sistema con respecto a cuatro situaciones hipotéticas planteadas en



el plan de optimización del GAD municipal. El estudio adoptó un enfoque cualitativo y cuantitativo, utilizando datos cuantitativos para ofrecer una visión general y datos cualitativos para analizar casos específicos. Los casos estudiados incluyeron un aumento del 20% en la separación en la fuente, un 30% en la revalorización de residuos, y una combinación de ambos enfoques, alcanzando un aprovechamiento de residuos del 50%.

Con una proyección de la población hasta el año 2023, se notó un aumento del 20% en la generación de residuos sólidos en el cantón. En el primer escenario, se previó que para el 2040 existiera una capacidad para almacenar 9,245,700 toneladas de desechos, mientras que en el tercer escenario, la capacidad se incrementaría a 13,123,000 toneladas. En lo que respecta al indicador de residuos reciclados, el tercer escenario presentaba una tasa estable de aprovechamiento del 42%, el primer escenario alcanzaba un 37%, y el segundo un 19%, lo que significaba un avance de tres puntos porcentuales en comparación con el escenario actual.

Los hallazgos obtenidos posibilitaron la elaboración de un plan de optimización para la administración total de desechos en el cantón Pujilí. Este plan abarca desde la asignación presupuestaria basada en decisiones políticas hasta el aumento del volumen del vertedero. Asimismo, se destacó la relevancia de la valorización y la segregación en el lugar de origen, conforme al reglamento del Código Orgánico de Ambiente (ReCOA).

b). (Castelli, 2012) en su estudio, cuyo propósito fue examinar y mejorar la administración de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la zona



metropolitana de Buenos Aires (A.M.B.A.) mediante la construcción y simulación de un modelo de Dinámica de Sistemas con el software VenSim e identificó la relación entre el crecimiento poblacional y el aumento en la generación de RSU, mostrando cómo la producción de residuos está en constante crecimiento. Así también el modelo reveló la tasa de saturación de los rellenos sanitarios y cómo se relaciona con la generación de RSU, evidenciando la presión sobre los recursos disponibles concluyendo que la metodología de Dinámica de Sistemas nos ofrece una herramienta valiosa para abordar este análisis, permitiéndonos evaluar diversas alternativas para resolver el problema. Nuestro objetivo es identificar soluciones ingenieriles mediante el análisis del impacto de distintos enfoques y posibles soluciones.

2.2.2. Nacional

a) (Andrade & Vega, 2019) Se utilizó un enfoque para examinar los impactos del sistema de manejo de residuos sólidos en Chimbote, iniciando con un análisis del estado actual y considerando elementos tales como la población, la producción, clasificación, reutilización, reciclaje, separación en el origen, y finalmente la recepción y traslado de los residuos sólidos. Este estudio es de tipo aplicado y tiene un enfoque descriptivo, con un diseño no experimental y correlacional. Se utilizaron métodos como la observación, registros de información, encuestas y guías informativas, empleando herramientas como la hoja de registro de datos y los softwares Vensim V 6. 3 y Stella V 9. 0. 2.

Los hallazgos muestran que, conforme crece la población de Chimbote, también aumenta la producción de desechos sólidos, donde



una población de 540,451 personas genera un total de 421.81 toneladas de residuos sólidos. La mayor parte de los residuos proviene de fuentes domiciliarias, aumentando de 219 a 304.32 toneladas mensuales. Los materiales orgánicos son los más acumulados, con 17,940 toneladas, mientras que el caucho, cuero y jebe tienen la menor acumulación con 300 toneladas. Los residuos reaprovechables iniciales son 150 toneladas, con una reutilización de 90 toneladas, que aumenta a 279 toneladas con 167.40 toneladas reutilizadas al segundo día, manteniendo una tasa de reutilización del 60%. En la segregación en la fuente, entran 78.30 toneladas, aumentando a 145.64 toneladas al segundo día. En el proceso de recepcionamiento y transporte, se manejan 80 toneladas diarias, de las cuales 9 toneladas se destinan a la comercialización informal, generando un total de 79.73 toneladas vendidas. En términos de políticas, se observa que las empresas a nivel nacional generan mayores ingresos en comparación con los intermediarios locales por la venta de residuos sólidos, con ventas nacionales alcanzando S/. 829,005.10 frente a las ventas locales de S/. 732,287.84.

b). (Martinez Hanco, 2023) En su estudio, el objetivo principal es desarrollar un plan para la gestión de residuos sólidos domésticos en la Municipalidad Distrital de Plateria, Puno, durante el año 2023. El procedimiento inició con la caracterización de los desechos sólidos, que fue seguido por un diagnóstico que se sustentó en encuestas sobre las prácticas actuales de gestión de residuos y finalizó con la creación de una propuesta de plan apropiado.



La metodología utilizó la guía proporcionada por el MINAM en 2018 y se realizó un trabajo con un total de 54 hogares. Se llevaron a cabo diversas actividades, incluyendo la recolección, pesaje, y el análisis de la humedad y composición física de las muestras durante un período de 7 días. Los descubrimientos señalaron una producción diaria de 0,29 kg por persona, con una composición de 39,81% de desechos orgánicos, 13,80% de bolsas de plástico y 8,28% de residuos de higiene. Se registró una densidad media de 107,31 kg por metro cúbico, mientras que la humedad media alcanzó el 76,13%.

De la encuesta realizada, el 52% de los encuestados usan bolsas de plástico para sus residuos, el 41% los desecha una vez a la semana, y el 93% no segrega sus residuos ni sabe el destino final de los mismos. Un 46% sostiene que el servicio municipal es insuficiente, un 30% indica que el camión de recogida no cruza sus hogares, y un 63% conoce acerca del reciclaje. Además, el 91% estaría preparado para involucrarse en campañas de reciclaje, mientras que el 39% considera que un mayor número de formación mejoraría la administración de desechos sólidos.

Finalmente, se elaboró una propuesta para mejorar el manejo de residuos sólidos en el distrito, abordando las problemáticas actuales identificadas.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Retroalimentación endógena: La retroalimentación endógena es un mecanismo autónomo presente en sistemas dinámicos donde la salida del sistema influye directamente en su comportamiento futuro sin intervención externa, actuando como un proceso de autorregulación



interna que puede ser positivo (amplificando cambios) o negativo (estabilizando el sistema). Este concepto es fundamental en ingeniería, aplicándose en áreas como el control automático, donde (Ogata, 2010) explica que "los sistemas con retroalimentación endógena utilizan señales internas para corregir desviaciones, como en termostatos o sistemas de pilotaje automático" (p. 89), así como en mecánica de materiales, donde (Beer, 2017) señala que "la histéresis en los materiales es un ejemplo claro de retroalimentación endógena, ya que la deformación previa afecta su respuesta futura bajo cargas cíclicas" (p. 154). Su estudio permite optimizar el diseño de estructuras, circuitos electrónicos y procesos industriales, garantizando estabilidad y eficiencia en condiciones variables.

Análisis paramétrico: El análisis paramétrico estudia la manera en que las variaciones en factores esenciales influyen en la eficacia de sistemas de ingeniería, permitiendo optimizar diseños mediante variaciones controladas. Según (Rao, 1989), "este método es crucial para evaluar la sensibilidad de estructuras a parámetros como módulos elásticos o cargas límite" (p. 342). En sistemas térmicos, (Incropera, 2017) ejemplifican que "variar la conductividad térmica en un modelo paramétrico revela puntos críticos de transferencia de calor en intercambiadores" (p. 511)..

Stock-flujo: Stock-flujo es un concepto fundamental en ingeniería que describe la relación entre las cantidades acumuladas (stocks) y las tasas de cambio (flujos) en sistemas dinámicos. Como explica (Sterman, 2000), "los stocks representan variables de estado que acumulan flujos a



lo largo del tiempo, como el nivel de agua en un tanque o la cantidad de material en un inventario" (p. 191). En el contexto de ingeniería ambiental, (Mihelcic & Zimmerman, 2014) destacan que "el análisis stock-flujo es esencial para modelar ciclos biogeoquímicos, donde los stocks de nutrientes en un ecosistema varían según los flujos de entrada y salida" (p. 157). Para sistemas mecánicos, (Karnopp et al., 2012) ejemplifican que "en sistemas hidráulicos, la presión actúa como stock mientras el caudal volumétrico representa el flujo" (p. 83). Este enfoque permite analizar desde circuitos eléctricos (donde la carga es stock y la corriente es flujo) hasta procesos industriales, integrando principios de conservación de masa y energía.

Comportamiento no lineal: en ingeniería se refiere a sistemas cuya respuesta no es proporcional a las entradas aplicadas, presentando fenómenos como histéresis, bifurcaciones o sensibilidad a condiciones iniciales. Como destaca (Nayfeh & Mook, 2008), "en sistemas mecánicos, la no linealidad geométrica de estructuras sometidas a grandes deformaciones genera curvas carga-desplazamiento que no obedecen la ley de Hooke" (p. 72). Para materiales, (Lemaitre & Chaboche, 1994) explican que "la plasticidad y el daño progresivo son comportamientos no lineales irreversibles que requieren modelos constitutivos avanzados" (p. 118). En dinámica de fluidos, (Kundu et al., 2012) ejemplifican que "la turbulencia surge de interacciones no lineales en ecuaciones de Navier-Stokes, donde pequeños cambios en el número de Reynolds desencadenan transiciones críticas" (p. 423).



Sensibilidad estocástica: se refiere al estudio de cómo la variabilidad aleatoria en los parámetros de un sistema afecta su comportamiento y desempeño, utilizando métodos probabilísticos para cuantificar incertidumbres. Como explica (Melchers & Beck, 2018), "la sensibilidad estocástica permite identificar qué variables aleatorias (ej.: resistencia de materiales o cargas ambientales) impactan más la confiabilidad estructural mediante índices como los de Sobol o Morris" (p. 215). En ingeniería de procesos, (Andrea Saltelli, Marco Ratto, Terry Andres, Francesca, 2007) destacan que "los análisis de sensibilidad estocástica son esenciales para optimizar diseños en sistemas químicos con fluctuaciones en temperaturas o concentraciones" (p. 94). Para sistemas dinámicos, (Hector A. Jensen et al., 2015) ejemplifican que "en aerodinámica, la turbulencia atmosférica —modelada como ruido estocástico— exige evaluar su influencia en la estabilidad de aeronaves" (p. 67).

Simulación determinística: es un enfoque de modelado en ingeniería donde el comportamiento del sistema se predice mediante relaciones matemáticas fijas, sin incorporar aleatoriedad en las variables de entrada o parámetros. Como explica (Law & Kelton, 1991) "los modelos determinísticos, como las ecuaciones diferenciales ordinarias en dinámica de mecanismos, proporcionan resultados únicos y reproducibles para un conjunto dado de condiciones iniciales" (p. 23). En el contexto de sistemas térmicos, (Incropera, 2017) destacan que "la simulación determinística de la conducción de calor en placas permite calcular perfiles de temperatura exactos cuando las propiedades del material son constantes" (p. 112).



Para aplicaciones en control automático, (Ogata, 2010) ejemplifica que "el análisis determinístico de la respuesta temporal de un sistema masa-resorte-amortiguador revela su estabilidad mediante polos fijos en el plano complejo" (p. 178)..

Escenarios contrafactuales: en ingeniería corresponden a análisis hipotéticos que evalúan cómo un sistema o proceso habría respondido bajo condiciones alternativas a las realmente ocurridas, permitiendo identificar relaciones causales y optimizar diseños. Como explica (Pearl, 2000), "los contrafactuales en ingeniería de confiabilidad requieren construir modelos estructurales que simulen 'qué pasaría si' un componente crítico hubiera fallado en condiciones operativas distintas" (p. 207). En el ámbito de infraestructura, (Ove Ditlevsen & Henrik O. Madsen, 1996) destacan que "estos escenarios son clave para evaluar el desempeño sísmico de puentes al variar parámetros como la rigidez de apoyos o espectros de aceleración" (p. 143). Un caso emblemático lo presenta (Haimés, 2015), donde demuestra que "el análisis contrafactual del colapso del puente Tacoma Narrows habría revelado con modelos de 1940 la inestabilidad aerodinámica ante vientos críticos" (p. 322)..

Optimización de políticas: en ingeniería se refiere al proceso sistemático de diseñar, evaluar y ajustar normas, protocolos o estrategias operativas para maximizar objetivos técnicos, económicos y sociales en sistemas complejos. Como destaca (Dimitri P. Bertsekas, 2012), "la optimización de políticas en infraestructuras críticas requiere modelos de decisión secuenciales que equilibren costos inmediatos y beneficios a



largo plazo, como en la programación dinámica de mantenimiento de puentes" (Vol. II, p. 312).

En el contexto de políticas energéticas, (Ibrahim Dincer, Marc A. Rosen, Pouria Ahmadi, 2017) ejemplifican su aplicación: "Los modelos MILP (Mixed-Integer Linear Programming) permiten optimizar políticas de descarbonización considerando restricciones técnicas de redes eléctricas y plazos regulatorios" (p. 154). Para sistemas de transporte, (Yossi Sheffi, 1984) demuestra cómo "la optimización basada en equilibrio de usuarios reduce congestiones mediante políticas de tarificación vial o priorización semafórica" (p. 227).

Diagrama causal: en ingeniería es una representación visual que identifica relaciones causa-efecto entre variables de un sistema, utilizando nodos y flechas direccionales para modelar dependencias. Como explica (Sterman, 2000), "estos diagramas son fundamentales para analizar bucles de retroalimentación (positivos/negativos) en sistemas complejos, como fallas en cascada en redes eléctricas" (p. 137). En confiabilidad estructural, (Melchers & Beck, 2018) destaca su uso para "mapear cómo correlaciones entre parámetros (ej.: resistencia-corrosión) afectan la probabilidad de falla" (p. 89). Un caso emblemático en ingeniería ambiental lo presenta (Andrew Ford, 2015), donde modela "cómo políticas de emisiones (causa) impactan en calidad del aire (efecto) mediante interacciones no lineales" (p. 63).

Dinámica de bucles: es un marco analítico para estudiar cómo las interacciones circulares entre variables (retroalimentaciones) determinan el comportamiento temporal de sistemas complejos. (Sterman, 2000)



establece que "en ingeniería de sistemas, los bucles de retroalimentación (B) explican fenómenos no intuitivos como oscilaciones en redes eléctricas (B1: estabilizador) o crecimiento exponencial en reacciones químicas (B2: autocatalítico)" (p. 109). Para sistemas estructurales, (Chopra, 2012) demuestra que "los bucles de histéresis en materiales sismorresistentes (B3: disipación de energía) son fundamentales para modelar capacidad de deformación" (4a ed., p. 215).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es de tipo aplicado, ya que su propósito es tratar un problema concreto y auténtico: mejorar el sistema de administración integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita. Este tipo de estudio utiliza conocimientos teóricos y herramientas metodológicas, como el software Vensim, para intervenir en un contexto específico y generar soluciones prácticas. Según (Hernández Sampieri et al., 2014), la investigación aplicada “busca conocer para actuar, para hacer, para construir, para modificar” (p. 8), lo cual coincide plenamente con el propósito de este trabajo, orientado a optimizar un sistema complejo mediante el análisis y simulación de sus variables clave.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

Este estudio presenta un enfoque descriptivo y correlacional, dado que utiliza saberes teóricos y recursos metodológicos para tratar un problema específico. mejorar la gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Zepita. Se detalla el sistema actual y se analizan las relaciones entre variables clave, como la generación de residuos, el crecimiento

poblacional y la eficiencia del manejo. Mediante el uso del software Vensim, se modela el comportamiento del sistema, lo que permite identificar estrategias de mejora sostenibles y evaluar su impacto en tiempo real. Este enfoque se basa en la dinámica de sistemas propuestos por (Sterman, 2000), donde se destaca la utilidad de los modelos dinámicos para comprender y gestionar sistemas complejos.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El planteamiento de este estudio es no experimental y de carácter longitudinal, dado que no se altera intencionadamente las variables, sino que se examina y evalúa el funcionamiento del sistema de gestión integral de residuos sólidos en su entorno auténtico, a lo largo del tiempo. Se recurre al uso de modelos de simulación dinámica a través del software Vensim, lo que permite proyectar y evaluar diferentes escenarios futuros. Según (Hernández Sampieri et al., 2014) en un esquema de investigación que no es experimental "se examinan los eventos tal como ocurren en su entorno natural, para luego proceder a su análisis." lo cual es coherente con el enfoque adoptado en este estudio. Asimismo, el diseño longitudinal permite examinar la evolución del sistema bajo diversas condiciones, aportando una visión predictiva que facilita la toma de decisiones estratégicas.

3.4. CASO DE ESTUDIO.

El análisis expuesto en este estudio se enfoca en el sistema de gestión integral de residuos sólidos del distrito de Zepita, situado en la provincia de Chucuito, en la región de Puno, Perú. Esta selección se realizó a causa de la necesidad de optimizar la gestión y el tratamiento

final de los desechos sólidos en un escenario de aumento poblacional y restricciones en la infraestructura actual, como la limitación del vertedero y la escasa implementación de procesos de reciclaje y separación en el origen.

Se analizará específicamente cómo las dinámicas del sistema actual pueden optimizarse mediante el uso del software Vensim, simulando escenarios que incluyan estrategias de separación, revalorización de residuos y planificación de la disposición final. El caso de estudio permitirá generar un plan de mejoras aplicable, que puede servir de modelo para otros distritos con características y desafíos similares en la gestión de residuos sólidos.

3.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas para las recolecciones de datos que se han de utilizar en la ejecución del presente trabajo son:

- Observación Directa: Facilitará la adquisición de datos específicos sobre el actual sistema de administración de desechos sólidos en el distrito de Zepita. Se recolectarán datos acerca de la generación, recolección, traslado y destino final de desechos, además de la infraestructura existente y las técnicas de separación en el lugar de origen.
- Simulación Virtual: Utilizando el software Vensim, se modelarán dinámicas del sistema y se simularán escenarios hipotéticos. Esto facilitará el análisis del impacto de diferentes estrategias de gestión, como el aumento en la separación de residuos y la revalorización de

materiales reciclables, proyectando resultados futuros y optimizando el sistema integral.

3.6. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

- Guía de Observación: Este dispositivo se empleará para documentar de forma sistemática los datos recogidos durante la observación directa. Facilitará la recolección de datos acerca de la gestión actual de los desechos sólidos, reconociendo puntos fuertes, débiles y posibilidades de optimización en el sistema de administración.
- Modelo de Simulación (Vensim): El programa Vensim servirá como una herramienta esencial para el diseño del sistema de gestión total de desechos sólidos. Facilitará la recolección, el tratamiento y el análisis de información sobre variables importantes, como la producción de desechos, la capacidad de vertederos y las tasas de reciclaje, mediante simulaciones digitales.
- Proyección Poblacional: Se utilizarán tablas y fórmulas matemáticas para proyectar el crecimiento demográfico, indispensable para estimar la generación futura de residuos sólidos en el distrito.
- Registros Documentales: Incluyen informes municipales, estadísticas locales y normativas relacionadas con la gestión de residuos, que complementarán la información recolectada en campo.

3.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.7.1. Población

El conjunto de individuos analizados en este estudio incluye todos los sistemas de manejo de desechos sólidos detectados en la zona



geográfica del distrito de Zepita, ubicado en la provincia de Chucuito, en la región de Puno. Esto incluye a las entidades que intervienen tanto directamente como indirectamente en la administración de desechos, tales como unidades de recolección, lugares de generación, centros de recolección y sitios de disposición final. Los datos recolectados conforman un universo funcional indispensable para valorar el desempeño del sistema actual.

3.7.2. Muestra

La muestra seleccionada para esta investigación corresponde al sistema de desechos sólidos domésticos en el municipio de Zepita. Este segmento representa una parte fundamental del total de residuos generados en el distrito y permite focalizar el análisis en las prácticas cotidianas de gestión, desde la generación en los hogares hasta su recolección y disposición final. La elección de esta muestra se justifica por su relevancia en la evaluación de estrategias de mejora y en la formulación de políticas locales sostenibles.

3.8. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.8.1. Recolección de información

La presente investigación abordó diversos aspectos fundamentales, iniciando con una detallada observación de las variables esenciales relacionadas con el estudio. Asimismo, se llevó a cabo una modelación exhaustiva que permitió proyectar tendencias poblacionales en el área de estudio, tomando en cuenta factores demográficos clave. Además, se analizaron y sistematizaron los registros documentales existentes en la Municipalidad Distrital de Zepita, con el objetivo de



obtener información relevante y actualizada. Este enfoque permitió garantizar una comprensión integral y precisa del contexto estudiado, fundamentando los resultados obtenidos.

3.8.2. Denominación de variables

Los sistemas dinámicos se centran en integrar variables interrelacionadas que interactúan a lo largo de distintos procesos para evaluar su impacto en los procedimientos de un sistema. En el caso particular de esta investigación, se aplica un sistema dinámico enfocado en la gestión de desechos sólidos en el distrito de Zepita. Este enfoque parte del análisis del crecimiento poblacional como un factor causal directo en los desafíos relacionados con la gestión eficiente y la disposición final de residuos, considerando su influencia en el aumento de la generación de desechos y la presión sobre las infraestructuras existente.

Población:

Es el principal indicador del crecimiento neto de habitantes en el distrito. Un aumento de la población genera mayores volúmenes de residuos sólidos, lo que incrementa la presión sobre los sistemas de gestión existentes.

Generación de Residuos:

Esta variable, directamente vinculada con el tamaño de la población, evalúa la cantidad de desechos generados, siendo esencial para estimar la capacidad necesaria para la recolección y disposición de los residuos.

Separación en la Fuente:

Este proceso permite optimizar la disposición final al clasificar materiales reciclables y orgánicos, facilitando su aprovechamiento desde el origen.

Reciclaje:

Reduce el volumen de residuos destinados al relleno sanitario, promoviendo el reaprovechamiento de materiales y disminuyendo el impacto ambiental.

Aprovechamiento de Orgánicos:

En términos de toneladas métricas, esta variable mide la conversión de residuos orgánicos en recursos útiles como compost o energía, disminuyendo la carga hacia los rellenos sanitarios.

Capacidad del Relleno:

Evalúa el espacio disponible en el relleno sanitario, siendo un factor crítico para la planificación a mediano y largo plazo.

Residuos Dispuestos en el Relleno Sanitario:

Indica la cantidad de desechos que se introducen en el sistema, **impactando directamente en el periodo de vida del relleno sanitario.**

Residuos Recolectados:

Evalúa la eficiencia del sistema de recogida, esencial para asegurar la correcta gestión de los desechos.

Disposición Final:

Toma en cuenta el volumen de desechos gestionados en el vertedero, lo que señala el acatamiento de las regulaciones medioambientales y la eficacia en las operaciones.

Recolección de Residuos:

Garantiza la limpieza urbana y la correcta gestión de los desechos, dirigiéndolos hacia los sistemas de tratamiento y disposición final, lo cual repercute directamente en la calidad de vida de los habitantes.

3.8.3. Caracterización del Sistema de Gestión Integral como Sistema Dinámico

3.8.3.1. Definición de aspectos importantes en la investigación

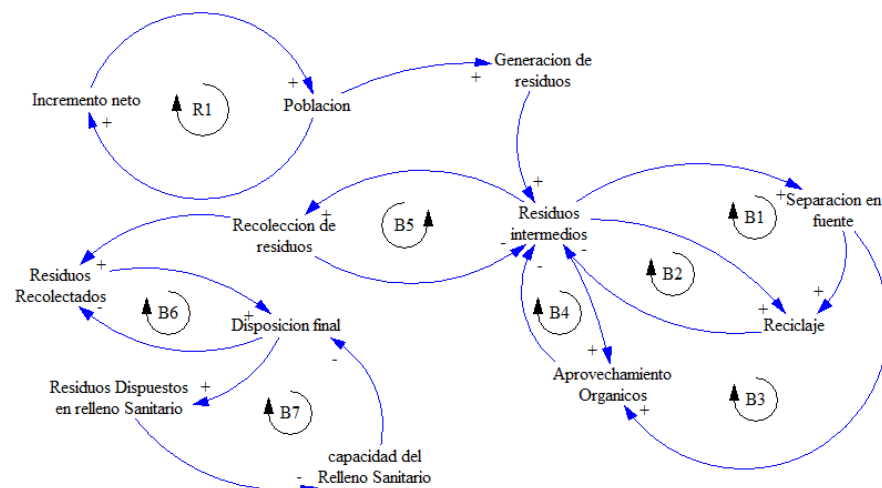
Los resultados se desarrollaron a partir de la evaluación de cuatro escenarios propuestos para el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (SGIRS). El primer escenario contempló un incremento del 30% en la separación en el lugar de origen de los desechos producidos y recolectados. En el segundo escenario, se planteó un aumento del 30% en la revalorización de los residuos sólidos dentro del sistema. El tercer escenario combinó los dos anteriores, evaluando cómo la integración de ambas estrategias podía mejorar el SGIRS, priorizando la mitigación en la fuente. Finalmente, el cuarto escenario incorporó el escenario 3, añadiendo acciones complementarias que maximizaron el impacto positivo en la gestión de residuos. Estos escenarios permitieron identificar estrategias clave para optimizar la recolección, separación y disposición final, promoviendo la sostenibilidad del sistema.

3.8.3.2. Creación de diagrama causal

El enfoque utilizado en la investigación inició con la elaboración de un diagrama causal centrado en la población como eje principal. Factores como nacimientos, defunciones, migración e inmigración afectan directamente la cantidad de habitantes en el distrito de Zepita. Para simplificar estas interacciones, se adoptó el concepto de incremento neto,

que integra todas estas variables. Este enfoque permite analizar el impacto global en la población: un incremento neto positivo conlleva un crecimiento poblacional, mientras que dicho crecimiento impulsa a su vez el incremento neto. Este ciclo dinámico representa un bucle de refuerzo, donde el crecimiento poblacional y el incremento neto se potencian mutuamente, proporcionando una base sólida para entender las proyecciones demográficas y su repercusión en la generación de residuos sólidos y la gestión del sistema.

Figura 4: Diagrama Causal

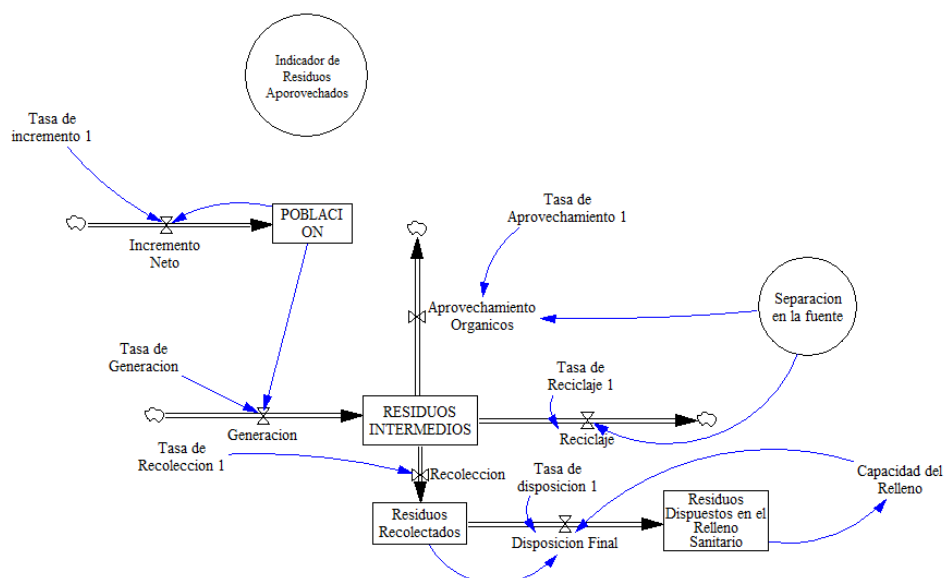


Nota: La figura muestra un diagrama causal que representa las relaciones de causa y efecto entre las variables clave del sistema de gestión de residuos sólidos. Este tipo de diagrama permite identificar los bucles de retroalimentación positiva y negativa, facilitando la comprensión de cómo ciertos factores influyen en otros dentro del sistema. Su análisis es fundamental para construir modelos dinámicos más detallados y para proponer estrategias de intervención más efectivas. Fuente: Elaboración Propia programa VENSIM

3.8.3.3. Diseño dinámico del Sistema de gestión Integral de Residuos Sólidos

Posterior a la elaboración del diagrama causal, se realizó la conversión a un diagrama de niveles y flujos utilizando el software Vensim PLE. Este modelo permitió una representación más detallada y cuantitativa del sistema, facilitando el análisis dinámico. Durante este proceso, se definieron cuidadosamente las variables de nivel, que representan los acumuladores del sistema; las variables auxiliares, que conectan y transforman las relaciones; y los flujos de entrada y salida, que determinan los cambios en las variables de nivel. La configuración final, mostrada en la figura siguiente, integra todas las interacciones clave, proporcionando una herramienta visual y analítica para evaluar el comportamiento del sistema en función de las estrategias propuestas. Este modelo fue crucial para simular los escenarios planteados y validar las posibles mejoras en el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Figura 5: Diseño dinámico





Nota: La figura ilustra el creación flexible del sistema de administración total de desechos sólidos, desarrollado con la herramienta Vensim. Este diseño representa los flujos, acumulaciones y relaciones entre variables dentro del sistema, permitiendo simular su comportamiento a lo largo del tiempo. La estructura del modelo facilita el análisis de escenarios, la evaluación de políticas y la identificación de puntos clave para la mejora del sistema en el distrito de Zepita. Fuente: Elaboración propia programa VENSIM



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL DISEÑO.

4.1.1. Análisis de diagrama causal

El modelo analiza cómo el crecimiento poblacional influye en la generación de residuos intermedios, definidos como aquellos que quedan tras procesos de aprovechamiento y son destinados al relleno sanitario.

Diversas estrategias pueden mitigar este aumento:

Separación en la fuente: Incrementar esta acción fomenta el reciclaje (primer bucle de balance) y el aprovechamiento de material orgánico (tercer bucle de balance), reduciendo así los residuos intermedios.

Recolección de residuos: Más recolección implica menos residuos acumulados (quinto bucle de balance). Los residuos recolectados son dispuestos, pero el aumento de la disposición final vacía los vehículos recolectores, generando el sexto bucle de balance.

Capacidad del relleno sanitario: Un incremento en colocacion final aumenta los residuos en el relleno, disminuyendo su capacidad. A medida

que esta se reduce, el proceso de disposición final se limita, estableciendo el séptimo y último bucle de balance.

Estos bucles de balance integran las dinámicas del sistema, promoviendo estrategias que mejoren su sostenibilidad.

4.1.2. Análisis del sistema de flujo

El desarrollo del modelo matemático para el diagrama de niveles y flujos incluyó la formulación de ecuaciones correspondientes a las variables de nivel, flujo y auxiliares, asegurando una representación precisa de las dinámicas del sistema. Una vez establecido el modelo, se realizó el análisis dimensional, un procedimiento esencial para verificar la coherencia de las unidades en las ecuaciones. Este análisis garantiza la homogeneidad dimensional, es decir, que las unidades de ambas partes de cada ecuación sean equivalentes. Este paso es crítico para validar la aplicabilidad y realismo del modelo, asegurando que las interacciones y flujos reflejen adecuadamente las condiciones y restricciones del sistema analizado. La combinación del análisis dimensional y las ecuaciones matemáticas otorga al modelo solidez y precisión para simular los escenarios propuestos y evaluar las estrategias en el Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos (SGIRS).

4.1.3. Análisis Resultado Simulaciones

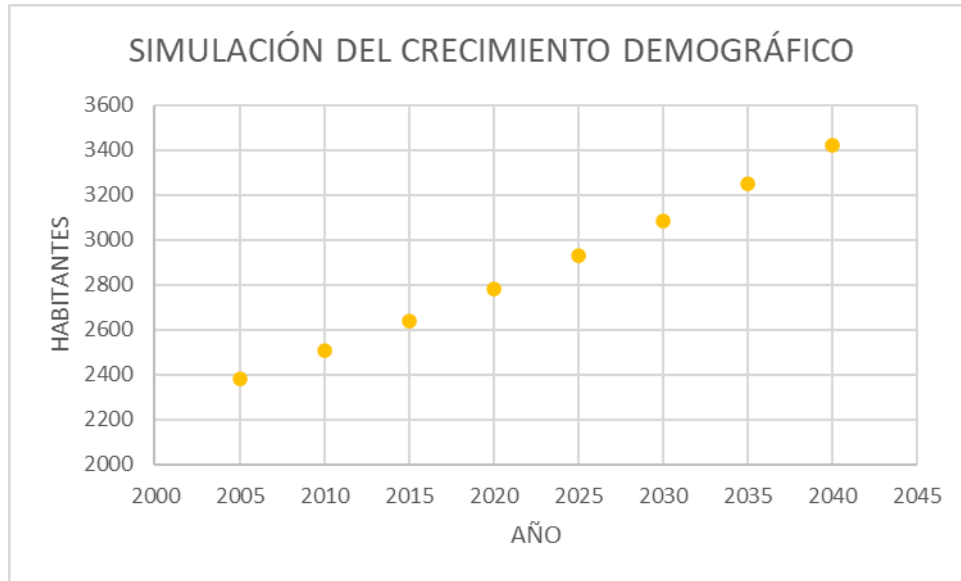
Tras estructurar el problema de manera cualitativa, se integraron datos cuantitativos al simular el modelo con los datos recabados en el análisis bibliográfico, utilizando los datos recabados en la revisión de literatura. Esta etapa permitió conectar las dinámicas previamente identificadas con valores específicos, reflejando escenarios reales. La



simulación, realizada mediante el software Vensim PLE, se consideró un ejercicio de experimentación del sistema, evaluando el comportamiento bajo diferentes condiciones. Los resultados iniciales se representaron mediante el diagrama de niveles y flujos, que mostró las interacciones y flujos del sistema, complementados por el modelo matemático que cuantificó estas relaciones. Este enfoque integrador facilitó la validación del modelo y proporcionó una base sólida para analizar las estrategias propuestas para la gestión de desechos sólidos.

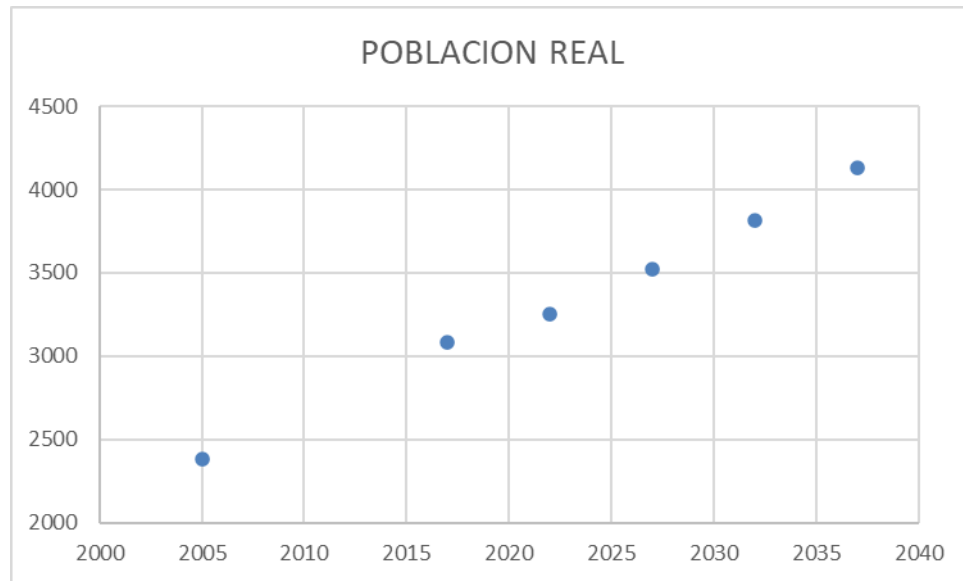
El estudio inicial se centró en la población debido a su amplia disponibilidad de datos y su papel como base esencial del modelo. Para verificar si esta variable sigue las tendencias reales, se tomó como referencia el año 2007, utilizando datos del censo de población y vivienda. Según este censo, la población urbana de Zepita en dicho año era de 2381 personas. Este valor permitió establecer un punto de partida sólido para comparar las proyecciones del modelo con datos históricos, evaluar su precisión y ajustar los parámetros necesarios para garantizar la correspondencia con la realidad. La población, como variable clave, influyó directamente en otros componentes del sistema, como la generación de residuos, y aseguró la coherencia en las simulaciones posteriores.

Figura 6: Simulación del crecimiento demográfico



Nota: La figura presenta la simulación del crecimiento demográfico en el distrito de Zepita, generada mediante el modelo dinámico desarrollado en Vensim. Esta proyección permite analizar la evolución de la población a lo largo del tiempo y su influencia en la producción de desechos sólidos y su efecto en la producción de desechos sólidos, constituyéndose en un insumo clave para la planificación de estrategias sostenibles de gestión ambiental. Fuente: Elaboración Propia

Figura 7: Población real según datos del INEI

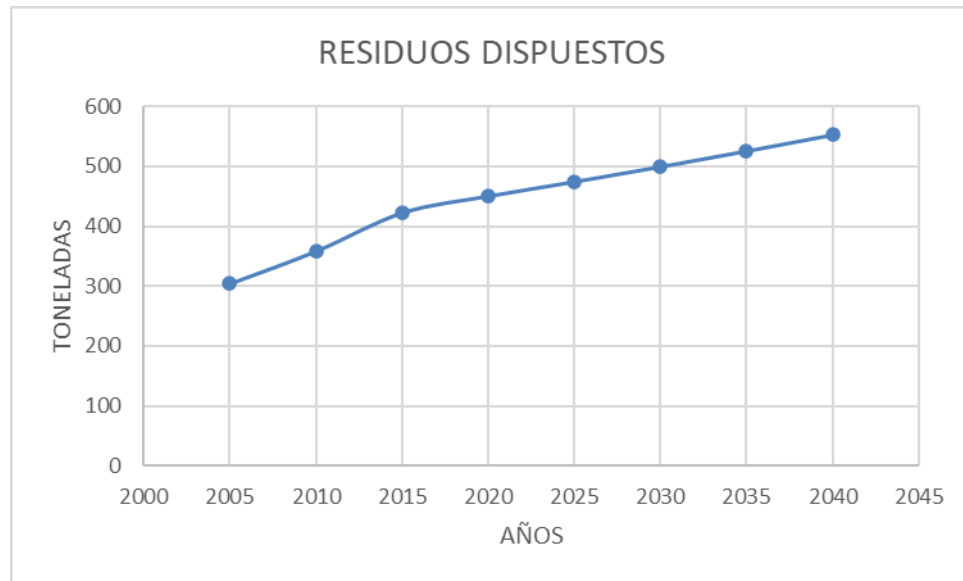


Nota: El gráfico ilustra el cambio en la población del distrito de Zepita, utilizando información oficial facilitada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Esta información sirve como referencia para validar la simulación del modelo dinámico, permitiendo comparar la proyección generada con datos reales y evaluar la precisión del modelo aplicado en el estudio.

Fuente: Elaboración Propia

Al contrastar los resultados logrados a través del modelo con los suministrados por el INEI, se puede deducir que el modelo sigue de cerca el camino de los datos reales. Además, se registró un error relativo máximo del 9,04%, lo que señala que las discrepancias entre los valores no son relevantes y los datos del modelo representan con exactitud la situación de los habitantes urbanos.

Figura 8: Residuos Dispuestos



Nota: La figura muestra la proyección de la cantidad de residuos sólidos dispuestos en el distrito de Zepita a lo largo del tiempo, según el modelo dinámico desarrollado. Esta simulación permite visualizar el comportamiento del sistema en función del crecimiento poblacional y la eficiencia en la gestión, y es fundamental para evaluar la capacidad de los sistemas de disposición final y planificar medidas que garanticen su sostenibilidad. Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Discusión de resultados para la Optimización del Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

La optimización del sistema se basó en la evaluación de cuatro escenarios simulados, considerando variables actuales validadas y calibradas previamente. El primer escenario mostró mejoras significativas al triplicar la separación en origen, reciclaje optimizado materiales orgánicos, manteniendo constantes otras condiciones. En el segundo escenario, el 20 % de aprovechamiento total (dividido entre 8,45 % para orgánicos y 11,55 % para reciclaje) destacó por sus beneficios ambientales. El tercer

escenario integró las condiciones del segundo con un aumento de la separación en la fuente, lo que incrementó sustancialmente la eficiencia del sistema. Finalmente, el cuarto escenario, la tasa de utilización fue del 21,12%, la tasa de reciclaje fue del 28,88% y la tasa de clasificación en origen se triplicó., fue el más efectivo, evidenciando resultados óptimos en indicadores de calidad de aire y ambiente. Estos hallazgos subrayan la importancia de combinar estrategias para mejorar la gestión integral de residuos.

Tabla 1: Disposición final en el escenario actual y el primer escenario

Año	Residuos Proyectados (tn/año)	Escenario Actual (Reciclaje)	Escenario Actual (Orgánicos)	Escenario Actual (No Aprovechables)	Escenario 1 (Reciclaje)	Escenario 1 (Orgánicos)	Escenario 1 (No Aprovechables)
2005	304.17	157.61	63.56	83.03	182.5	60.83	60.83
2010	358.59	185.02	74.91	97.67	215.15	71.72	71.72
2015	422.72	218.96	88.34	115.67	253.63	84.54	84.54
2020	450.7	233.04	94.27	123.39	270.42	90.14	90.14
2025	474.85	246.61	99.29	129.95	284.91	94.97	94.97
2030	499.89	259.94	104.42	135.53	299.93	99.98	99.98
2035	525.95	272.98	109.84	143.13	315.57	105.19	105.19
2040	553.03	286.33	115.9	150.8	331.82	110.61	110.61

Nota: La tabla compara la cantidad de residuos dispuestos en el escenario actual con los resultados obtenidos en el primer escenario simulado. Este primer escenario incorpora una mejora en la separación en origen y un reciclaje optimizado de materiales orgánicos, lo cual reduce significativamente el volumen de residuos enviados a disposición final. La comparación permite evidenciar el impacto positivo de implementar estrategias simples de mejora en la eficiencia del sistema de gestión de residuos sólidos. Fuente: elaboración propia programa Vensim.

Tabla 2: Disposición final en el segundo escenario y el tercer escenario

Año	Residuos Proyectados (tn/año)	Escenari o 2 (Recicla je)	Escenario 2 (Orgánico s)	Escenari o 2 (No Aprovec hables)	Escenari o 3 (Recicla je)	Escenari o 3 (Orgánic os)	Escenari o 3 (No Aprovec hables)
2005	304.17	167.29	76.04	60.83	182.5	91.25	30.42
2010	358.59	197.23	89.65	71.72	215.15	107.58	35.86
2015	422.72	232.5	105.68	84.54	253.63	126.82	42.27
2020	450.7	247.39	112.68	90.14	270.42	135.21	45.07
2025	474.85	260.17	118.71	94.97	284.91	142.46	47.49
2030	499.89	274.45	124.97	99.98	299.93	149.97	49.99
2035	525.95	288.27	131.49	105.19	315.57	157.78	52.78
2040	553.03	303.16	138.26	110.61	331.82	165.91	55.91

Nota: La tabla presenta la comparación entre el segundo y el tercer escenario simulados, enfocándose en la cantidad de residuos dispuestos finalmente. El segundo escenario considera un aprovechamiento total del 20 %, distribuido entre residuos orgánicos y reciclables, mientras que el tercer escenario incorpora un incremento en la separación en la fuente. Esta mejora permite una reducción adicional en los residuos enviados a disposición final, evidenciando cómo el refuerzo de prácticas de segregación optimiza el desempeño del sistema de gestión de residuos.

Tabla 3: Disposición final en el cuarto escenario.

Año	Residuos Proyectados (tn/año)	Escenario 4 (Reciclaje)	Escenario 4 (Orgánicos)	Escenario 4 (No Aprovechables)
2005	304.17	197.71	76.04	30.42
2010	358.59	233.08	89.65	35.86
2015	422.72	274.77	105.68	42.27
2020	450.7	292.96	112.68	45.07
2025	474.85	308.66	118.71	47.49
2030	499.89	324.43	124.97	49.99
2035	525.95	341.87	131.49	52.78
2040	553.03	359.47	138.26	55.91

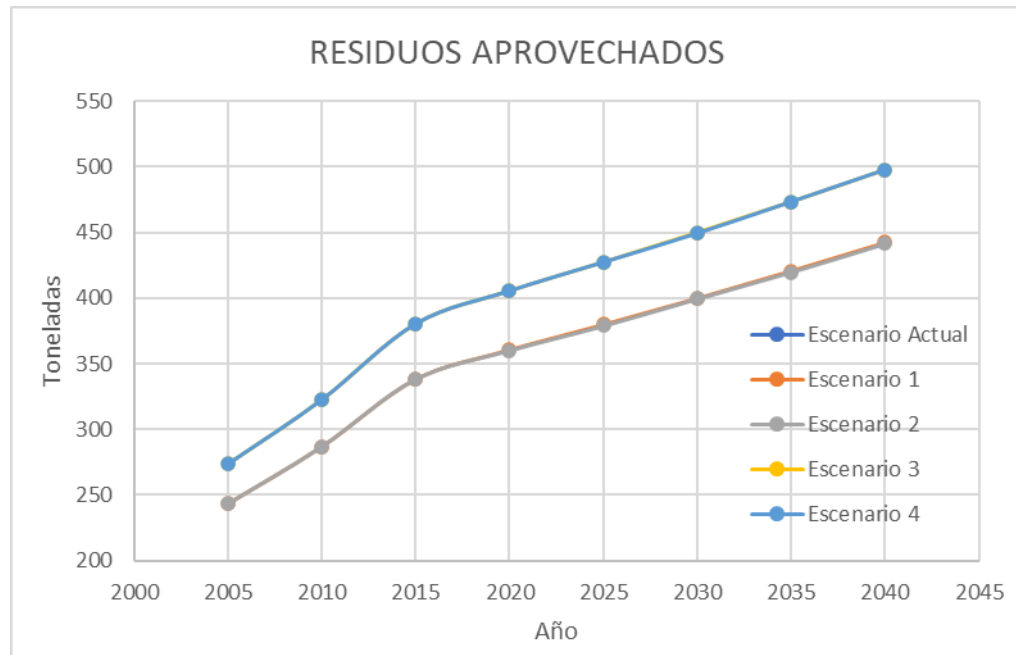
Nota: La tabla muestra los resultados de la disposición final de residuos sólidos bajo el cuarto escenario simulado, el cual integra una mayor tasa



de utilización (21,12 %), una tasa de reciclaje del 28,88 % y una triplicación en la clasificación en origen. Este escenario representa la opción más eficiente del estudio, logrando una reducción significativa en los residuos enviados a disposición final y reflejando mejoras notables en los indicadores ambientales, especialmente en la calidad del aire y del entorno.

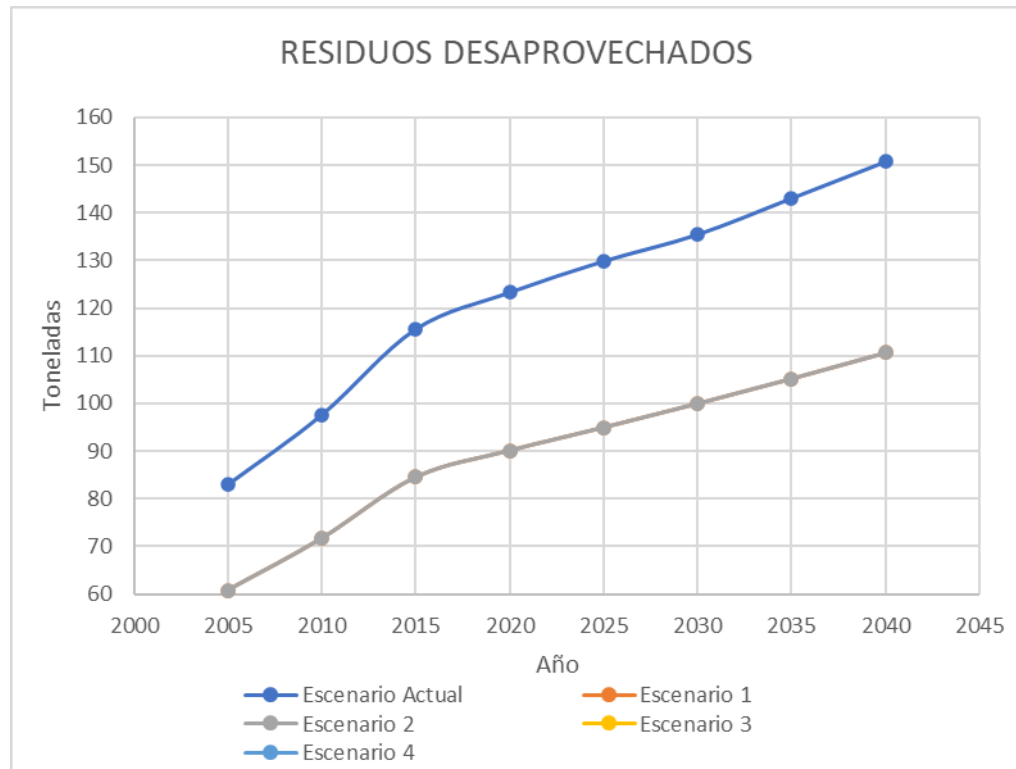
En cuanto a la capacidad del relleno sanitario, es importante señalar que, por el momento, el distrito de Zepita no cuenta con un relleno sanitario operativo. Esta situación ha generado que no se pueda presentar ni gráficos ni tablas relacionadas con la capacidad del mismo, ya que no existe infraestructura o datos disponibles para elaborar estos análisis. Por lo tanto, no es posible proporcionar información específica sobre la capacidad de manejo de desechos en la localidad debido a la ausencia de un sistema adecuado de disposición final. Es fundamental que en el futuro se aborden estas carencias para garantizar una correcta gestión ambiental en el distrito.

Figura 9: Residuos aprovechados



Nota: La figura representa la evolución del volumen de residuos aprovechados en los diferentes escenarios simulados. Se observa un incremento progresivo en la recuperación de materiales reciclables y orgánicos conforme se aplican estrategias como la mejora en la separación en origen, el reciclaje y la valorización. Este tipo de acción ilustra la eficacia de las estrategias combinadas para mejorar el sistema de manejo de desechos sólidos y aligerar la presión sobre los métodos de eliminación final. Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Residuos desaprovechados



Nota: La figura muestra la evolución de los residuos desaprovechados en los distintos escenarios simulados. Se evidencia una disminución progresiva en la cantidad de residuos no valorizados a medida que se implementan estrategias de mejora como el incremento en la clasificación en origen, el reciclaje y la reutilización. Esta tendencia resalta la importancia de fortalecer las prácticas de separación y aprovechamiento para reducir el volumen de desechos enviados a disposición final y mejorar la eficiencia del sistema. Fuente: Elaboración propia

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de los cinco escenarios presentados demuestran el impacto directo de la separación en origen y el reciclaje en la mejora de la gestión de los residuos sólidos municipales. Al analizar los datos proyectados de residuos sólidos y la eficiencia de los escenarios, se observó que la optimización de la separación en la fuente y el aumento en los procesos de reciclaje y aprovechamiento de residuos orgánicos tuvieron un impacto significativo en la reducción de los residuos destinados a la disposición final, lo que coincide con los hallazgos de estudios previos como el de (Vallejo Santamaría, 2024), también descubrieron que mejorar la separación en la fuente es fundamental para mejorar la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos.

En este sentido, los escenarios 3 y 4, que integran un aumento en la separación en la fuente junto con la revalorización de residuos, mostraron los mejores resultados en términos de aprovechamiento de residuos (superior al 50%), coincidiendo con las proyecciones alcanzadas por (Castelli, 2012) en su investigación sobre la optimización de los sistemas de residuos en Buenos Aires. Mejorar la eficiencia de la gestión de residuos no sólo alivia la presión sobre los rellenos sanitarios, sino que también mejora las condiciones ambientales al disminuir la cantidad de residuos depositados en vertederos, lo que podría reducir la generación de gases de efecto invernadero, como se señala.(Díaz, 1996)

El estudio realizado por (Andrade & Vega, 2019) en Chimbote destaca la correlación directa entre el incremento de la población y la elevación de la producción de residuos sólidos, lo cual también se refleja



en nuestros resultados, en los que la generación de residuos sólidos sigue una tendencia creciente debido al aumento proyectado de la población. Sin embargo, la diferencia radica en que, al implementar escenarios de separación en la fuente y reciclaje más agresivos, los resultados de este estudio mostraron que contrarrestar parcialmente este crecimiento en la cantidad de residuos destinados a disposición final.

En contraste con lo que planteaba (Martinez Hanco, 2023) en su propuesta para la Municipalidad de Platería, Puno, donde se detectó un bajo nivel de segregación y reciclaje, nuestros resultados subrayan la importancia de implementar estrategias de educación y sensibilización para mejorar la segregación en la fuente, especialmente en áreas donde la infraestructura de reciclaje es limitada. Esto resalta la necesidad de políticas públicas y programas de concientización dirigidos a lograr una mayor participación pública en la gestión de residuos.

Los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones tanto a nivel práctico como teórico para la gestión de residuos sólidos. A nivel práctico, se confirma que el aumento en la segregación en la fuente, la reutilización de residuos orgánicos y la mejora en los procesos de reciclaje pueden tener un impacto positivo en reducir la cantidad de residuos enviados a disposición final. La implementación de un sistema más eficiente de recolección selectiva y la mejora en los puntos de reciclaje podrían ayudar a optimizar los procesos de gestión de residuos, tal como sugieren los estudios de (Pires et al., 2018) sobre la importancia de la economía circular.



En el ámbito teórico, este estudio aporta al ámbito de la gestión ambiental al consolidar la noción de que una administración integrada y sostenible de desechos necesita un enfoque multidimensional que incluya a todos los participantes pertinentes: autoridades locales, compañías de reciclaje y habitantes. Es fundamental la cooperación entre instituciones y el robustecimiento de las políticas públicas que fomentan la implicación activa de los ciudadanos en la clasificación y el reciclaje para alcanzar avances sostenibles en la administración de desechos sólidos.

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se logró evaluar de manera integral el sistema de gestión de residuos sólidos del distrito de Zepita mediante la aplicación de la metodología de dinámica de sistemas con el uso del software Vensim. Esta herramienta permitió modelar el comportamiento del sistema en un entorno virtual, facilitando la identificación de deficiencias operativas, cuellos de botella y puntos críticos. A través del análisis dinámico, se obtuvo una visión clara y estructurada del funcionamiento actual, estableciendo la base para proponer soluciones concretas orientadas a mejorar su eficiencia y sostenibilidad.
- SEGUNDA:** Se desarrolló un modelo dinámico representativo del sistema de gestión integral de residuos sólidos del distrito, incorporando todas las etapas clave del proceso: generación, recolección, transporte, tratamiento, valorización y disposición final. Este modelo permitió simular interacciones entre variables y visualizar su evolución en el tiempo, lo que favorece la toma de decisiones estratégicas. La construcción del modelo se fundamentó en datos reales del distrito, garantizando su aplicabilidad local y su valor como herramienta de planificación para las autoridades competentes.
- TERCERA:** Se simuló diversos escenarios operativos y políticas de gestión en el modelo Vensim con el fin de evaluar su impacto en la eficiencia del sistema y la reducción de residuos dispuestos inadecuadamente. Estos escenarios incluyeron mejoras en la separación en la fuente, el reciclaje y la valorización de residuos



orgánicos. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas en el comportamiento del sistema según el enfoque aplicado, lo cual destaca la importancia de implementar estrategias combinadas que favorezcan tanto el aprovechamiento de residuos como la reducción de su volumen final.

CUARTA: Finalmente, se identificaron cuellos de botella estructurales y operativos que limitan el desempeño del sistema actual, así como oportunidades concretas de mejora. El análisis detallado de los resultados de las simulaciones permitió proponer recomendaciones fundamentadas en datos que apuntan a optimizar la gestión de residuos en el distrito de Zepita. Estas propuestas incluyen la mejora de procesos de segregación en origen, la promoción del reciclaje y el fortalecimiento de la infraestructura de disposición, con el objetivo de avanzar hacia un modelo más eficiente, sostenible y ambientalmente responsable.

RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda realizar estudios comparativos aplicando la misma metodología de dinámica de sistemas en otros distritos con características socioambientales similares, para validar la versatilidad del modelo. Además, se sugiere incluir variables socioeconómicas más detalladas, como el nivel de ingreso o la educación ambiental de la población, para observar su influencia sobre la eficiencia del sistema de gestión de residuos.
- SEGUNDA:** costos operativos y de mantenimiento del sistema, así como el análisis de viabilidad económica de los escenarios simulados. También sería valioso integrar variables de comportamiento ciudadano, con datos obtenidos mediante encuestas, para fortalecer la validez del modelo en contextos participativos y de educación ambiental.
- TERCERA:** Se recomienda diseñar nuevos escenarios que incorporen tecnologías emergentes de tratamiento de residuos, como plantas de biogás o reciclaje automatizado, evaluando su impacto en el modelo dinámico. Asimismo, se podrían simular políticas de incentivo económico, como sistemas de recompensa o penalización por separación en fuente, para analizar su efecto en la eficiencia general del sistema.
- CUARTA:** Se recomienda realizar estudios de campo que verifiquen los cuellos de botella identificados en el modelo, contrastándolos con evidencia empírica obtenida a través de entrevistas, observaciones



directas y monitoreo operativo. Además, se recomienda aplicar la misma metodología en contextos rurales y urbanos para analizar diferencias estructurales y culturales en la gestión de residuos sólidos.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Andrade, J. R., & Vega, D. I. (2019). Modelo para la evaluación dinámica de la gestión de residuos ordinarios de la ciudad de Bogotá y su influencia en el índice de calidad ambiental urbana. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.22490/21456453.2411>
- Andrea Saltelli, Marco Ratto, Terry Andres, Francesca. (2007). Sensitivity Analysis: From Theory to Practice. En *Global Sensitivity Analysis. The Primer* (pp. 237-275). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470725184.ch6>
- Andrew Ford. (2015, julio 9). *Modeling the Environment, Second Edition*. Island Press. <https://islandpress.org/books/modeling-environment-second-edition>
- Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. (1996). *Discrete-event System Simulation*. Prentice Hall.
- Beer, F. P. (Ferdinand P. (with Internet Archive). (2017). *Mechanics of materials*. New Delhi : McGraw-Hill Education (India) Private Limited. http://archive.org/details/mechanicsofmater0000beer_a6t7
- BID. (2020). *Los desechos: Un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Castelli, M. (2012). *Gestión de Residuos Sólidos Urbanos RSU con un modelo de simulación—Gestión de Residuos Sólidos Urbanos RSU con un modelo de simulación—Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos*. <https://www.dinamica-de-sistemas.com/revista/0613f.htm>
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures*. Pearson Education.



- Deaton, M., & Winebrake, J. J. (1999). *Dynamic Modeling of Environmental Systems*. Springer Science & Business Media.
- Díaz, F. (1996). *Los residuos peligrosos en México. Evaluación del riesgo para la salud*.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10638409>
- Dimitri P. Bertsekas. (2012). (PDF) *Dynamic Programming and Optimal Control*.
https://www.researchgate.net/publication/224773123_Dynamic_Programming_and_Optimal_Control
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. M.I.T. Press.
- Franklin, G. F., Powell, J. D., & Emami-Naeini, A. (2010). *Feedback Control of Dynamic Systems*. Pearson.
- Ghosh, S. K. (2019). *Circular Economy: Global Perspective*. Springer Nature.
- Haimes, Y. Y. (2015). *Risk Modeling, Assessment, and Management*. John Wiley & Sons.
- Hector A. Jensen, Franco Mayorga, & Costas Papadimitriou. (2015). Reliability sensitivity analysis of stochastic finite element models | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.cma.2015.08.007>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación | Interlínea, cultura editorial*.
<https://www.interlineaculturaeditorial.com.mx/es/bibliografia/metodologia-de-la-investigacion>
- Holzbecher, E. (2012). *Environmental Modeling: Using MATLAB*. Springer Science & Business Media.
- Ibrahim Dincer, Marc A. Rosen, Pouria Ahmadi. (2017). *Optimization of Energy Systems* | Wiley. Wiley.Com. <https://www.wiley.com/en-fr/Optimization+of+Energy+Systems-p-9781118894439>



- Incropera. (2017). *Fundamentals Of Heat And Mass Transfer Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, 8th, 2017 Wiley 9781118989173 Ebe 985ff 177850912fb 0e 80779ba 4103 Anna's Archive.*
<http://archive.org/details/fundamentals-of-heat-and-mass-transfer-theodore-l.-bergman-adrienne-s.-lavine-fr>
- Karnopp, D. C., Margolis, D. L., & Rosenberg, R. C. (2012). *System Dynamics: Modeling, Simulation, and Control of Mechatronic Systems*. John Wiley & Sons.
- Kluever, C. A. (2015). *Dynamic Systems: Modeling, Simulation, and Control 1E Wiley E-Text Reg Card*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Kundu, P. K., Cohen, I. M., & Dowling, D. R. (2012). *Fluid Mechanics*. Academic Press.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill.
- Lemaitre, J., & Chaboche, J.-L. (1994). *Mechanics of Solid Materials*. Cambridge University Press.
- Lichtveld, M. Y., & Johnson. (2017). *Environmental Policy and Public Health: Two Volume Set—3rd Edition* -. <https://www.routledge.com/Environmental-Policy-and-Public-Health-Two-Volume-Set/Johnson-Lichtveld/p/book/9781032080314?srsId=AfmBOoo4ZiE80XbRPE0SxczuwbyAggZ1vqoL7TEv899UGyP98KPpW1Le>
- Martinez Hanco, F. (2023). Propuesta de plan manejo de residuos sólidos domiciliarios en la Municipalidad Distrital de Plateria – Puno, 2023. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/692>
- Melchers, R. E., & Beck, A. T. (2018). *Structural Reliability Analysis and Prediction*. John Wiley & Sons.
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2014). *Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design*. John Wiley & Sons.



- MINAM. (2020). *Más de 148 500 toneladas de residuos sólidos municipales son valorizados en el país—Noticias—Ministerio del Ambiente—Plataforma del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/955458-mas-de-148-500-toneladas-de-residuos-solidos-municipales-son-valorizados-en-el-pais>
- Nayfeh, A. H., & Mook, D. T. (2008). *Nonlinear Oscillations*. John Wiley & Sons.
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Prentice Hall.
- ONU. (2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Ove Ditlevsen, & Henrik O. Madsen. (1996). (PDF) *Structural Reliability Methods*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/263047733_Structural_Reliability_Methods
- Pearl, J. (2000). *Causality: Models, Reasoning, and Inference*. Cambridge University Press.
- Pichtel, J. (2005). *Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial*. CRC Press.
- Pires, A., Martinho, G., Rodrigues, S., & Gomes, M. I. (2018). *Sustainable Solid Waste Collection and Management*.
- Rao, S. S. (with Internet Archive). (1989). *The finite element method in engineering*. Oxford ; New York : Pergamon Press. <http://archive.org/details/finiteelementmet0000raos>
- Rebs, T., Brandenburg, M., & Seuring, S. (2019). System dynamics modeling for sustainable supply chain management: A literature review and systems thinking



- approach. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1265-1280.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.100>
- Shannon, R. E. (1975). *Systems Simulation: The Art and Science*. Prentice-Hall.
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics, System Thinking and Modeling for a Complex World*. [http://lst-iiiep.iiiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/\[in=epidoc1.in\]/?t2000=013598/\(100\), 19](http://lst-iiiep.iiiep-unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/[in=epidoc1.in]/?t2000=013598/(100), 19).
- Strogatz, S. H. (2018). *Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. CRC Press.
- Taylor & Francis. (2019). *Sustainability: Science, Practice and Policy*. Taylor & Francis.
<https://www.tandfonline.com/journals/tsus20>
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. McGraw Hill Professional.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
- Vallejo Santamaría, J. H. (2024). "Evaluación del sistema de gestión integral de residuos sólidos aplicando sistemas dinámicos con el software Vensim en el Cantón Pujilí Provincia de Cotopaxi periodo 2022—2023.", [bachelorThesis, Ecuador : Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].
<http://localhost/handle/27000/11994>
- Volling, T., & Spengler, T. (2011). Modeling and simulation of order-driven planning policies in build-to-order automobile production. *International Journal of Production Economics*, 131, 183-193. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.01.008>
- White, A. S. (2014). *Simple System Dynamics and Control System Project Models*. 113-133. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-6098-4.ch004>
- Worrell, W. A., & Vesilind, P. A. (2011). *Solid Waste Engineering*. Cengage Learning.



Yossi Sheffi. (1984). *(PDF) Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis With Mathematical Programming Methods.* ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/230663831_Urban_Transportation_Networks_Equilibrium_Analysis_With_Mathematical_Programming_Methods



ANEXOS

Tabla 4: Simulación del crecimiento demográfico

AÑO	POBLACION	Residuos Proyectados (tn/año)
2005	2381	304.1728
2010	2508	358.5943
2015	2641	422.7248
2020	2781	450.702
2025	2929	474.8468
2030	3084	499.8858
2035	3248	525.9468
2040	3421	553.0298

Nota: La tabla presenta los resultados de la simulación del crecimiento demográfico del distrito de Zepita, desarrollada a través del modelo dinámico implementado en el software Vensim. Esta proyección permite estimar el aumento de la población en un horizonte temporal determinado, lo cual es fundamental para anticipar la futura demanda de servicios relacionados con la gestión de residuos sólidos y dimensionar adecuadamente las estrategias e infraestructuras necesarias para un manejo eficiente y sostenible. Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Crecimiento demográfico real

AÑO	POBLACION
2005	2381
2017	3086
2022	3249
2027	3520
2032	3812
2037	4129

Nota: La tabla muestra el crecimiento demográfico real del distrito de Zepita, basado en datos históricos obtenidos de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Esta información permite validar y comparar la proyección generada en el modelo dinámico, asegurando la precisión del análisis y fortaleciendo la confiabilidad del modelo utilizado para la

planificación de la gestión integral de residuos sólidos. Fuente: elaboración propia

Tabla 6: Residuos Aprovechados

Residuos Aprovechados					
Año	Escenario Actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
2005	221.17	243.33	243.33	273.75	273.75
2010	259.93	286.87	286.87	322.73	322.73
2015	307.3	338.17	338.18	380.45	380.45
2020	327.31	360.56	360.07	405.63	405.64
2025	345.9	379.88	378.88	427.37	427.37
2030	364.36	399.91	399.42	449.9	449.4
2035	382.82	420.76	419.76	473.35	473.36
2040	402.23	442.43	441.42	497.73	497.73

Nota: La tabla detalla la cantidad de residuos sólidos que son aprovechados en los distintos escenarios simulados, incluyendo materiales reciclables y residuos orgánicos. Estos datos permiten evaluar el desempeño del sistema bajo diferentes condiciones operativas y políticas de gestión, destacando el impacto positivo de estrategias como la separación en la fuente, el reciclaje y la valorización. La información obtenida es clave para identificar oportunidades de mejora y diseñar acciones orientadas a incrementar el porcentaje de residuos reutilizados o transformados. Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Residuos Desaprovechados

Residuos Desaprovechados					
Año	Escenario Actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
2005	83.03	60.83	60.83	30.42	30.42
2010	97.67	71.72	71.72	35.86	35.86
2015	115.67	84.54	84.54	42.27	42.27
2020	123.39	90.14	90.14	45.07	45.07
2025	129.95	94.97	94.97	47.49	47.49
2030	135.53	99.98	99.98	49.99	49.99
2035	143.13	105.19	105.19	52.78	52.78
2040	150.8	110.61	110.61	55.91	55.91



Nota: La tabla presenta la cantidad de residuos sólidos que no son aprovechados en los diferentes escenarios simulados, es decir, aquellos que terminan siendo dispuestos en rellenos sanitarios o vertederos sin haber pasado por procesos de reciclaje o valorización. Estos datos permiten identificar la eficiencia relativa del sistema en cada escenario y evidenciar la necesidad de fortalecer las estrategias de separación, clasificación y reutilización para reducir al mínimo los residuos desaprovechados y sus impactos ambientales. Fuente: elaboración propia.



ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS



ALCALDE: HUGO G. MIRANDA MONASTERIO

GESTIÓN 2019-2022





MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ZEPITA



ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE ZEPITA

2022


B.LGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5

2. ANTECEDENTES 5

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 5

 3.1. Objetivo general..... 5

 3.2. Objetivos específicos 5

4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO 6

 4.1. Procedimientos para la realización del Estudio 6

 4.1.1. Coordinaciones Generales..... 6

 4.1.2. Conformación y capacitación del equipo técnico 7

 4.1.3. Equipos, materiales y herramientas..... 7

 4.1.4. Aspectos logísticos..... 8

 4.1.5. Sensibilización, empadronamiento y encuestas a los participantes del estudio 8

 4.2. Determinación de número de muestras para domicilios 9

 4.2.1. Zonificación del distrito de Zepita 10

 4.3. Determinación de número de muestras No domiciliarias 11

 4.3.1. Identificación de las actividades económicas del distrito de Zepita de acuerdo al índice de usos..... 11

 4.3.2. Determinación del número de muestras por actividad económica..... 12

 4.3.3. Determinación del número de muestras instituciones educativas..... 13

 4.3.4. Determinación del número de muestras limpieza publica 13

5. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO..... 13

 5.1. Plan de seguridad e higiene..... 13


 BLGO. HELMER MARCIAL
 URBIBIZCARRA
 C.D. 10760



- 5.2. Recolección de muestras domiciliarias 13
- 5.3. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales..... 14
- 6. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO..... 15
 - 6.1. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales..... 15
 - 6.1.1. Determinación de la composición física de residuos sólidos domiciliarios y establecimientos comerciales. 15
 - 6.1.2. Determinación de la densidad de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales. 17
 - 6.1.3. Determinación de humedad de los residuos sólidos..... 18
- 7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 18
 - 9.1.1. Generación Per Cápita (GPC) de Residuos Domiciliarios..... 18
 - 9.1.2. Densidad de residuos sólidos domiciliarios 19
 - 9.1.3. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios..... 19
 - 9.1.4. Humedad de los residuos sólidos domiciliarios 20
 - 9.2.1. Densidad de residuos sólidos no domiciliarios 21
 - 9.2.2. Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios..... 22
 - 9.3.1. Generación total y generación per cápita total municipal. 25
 - 9.3.2. Composición general de los residuos sólidos municipales 25
- 8. CONCLUSIONES 27
- 9. RECOMENDACIONES..... 28
- 10. BIBLIOGRAFIA 28
- 11. ANEXOS 28



 HELGO HELMER MARCIAL
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Población rural y urbana estimada para el distrito de Zepita..... 9

Cuadro 2. Zonificación del Distrito de Zepita..... 10

Cuadro 3. número de muestras en domicilios..... 11

Cuadro 4. Establecimientos comerciales por giros..... 12

Cuadro 5. Método de Cuarteo para la Composición Física de Residuos Sólidos. 16

Cuadro 6. Generación Per Cápita en domicilios..... 18

Cuadro 7. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios 19

Cuadro 8. Composición física residuos sólidos no domiciliarios..... 23

Cuadro 9. Resumen de la generación total de residuos sólidos municipales 25

Cuadro 10. Estimación de la generación de residuos total para el distrito 25

Cuadro 11. Resumen de la densidad de Residuos sólidos domiciliarios y otros municipales..... 25

Cuadro 12. Composición general de los residuos sólidos municipales del distrito..... 26

Cuadro 14. Composición física general de residuos sólidos. 27



 EL GO. HELMA MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760



1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe del Estudio de Caracterización de Residuos sólidos Municipales - ECRSM del Distrito de Zepita, es una herramienta que proporciona información básica y actualizada de las características de los residuos sólidos del ámbito municipal, conformado por los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios.

En la actualidad es necesario contar con información actualizada sobre la generación de residuos sólido en el distrito, por ello el interés de elaborar el ECRSM, en el marco de las políticas locales de la municipalidad con el objetivo de tomar decisiones acertadas en la gestión y manejo, a partir de un diseño técnico adecuado de recolección, transporte y disposición final, así como proponer e implantar acciones o estrategias de reciclaje para los residuos orgánicos e inorgánicos reaprovechables. La Planificación, diseño y ejecución del presente estudio de caracterización está de acuerdo a la Guía Metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) propuesto por el MINAM.

El ECRS de la ciudad de Puno ha permitido conocer la cantidad de residuos sólidos municipales que se generan en función de los niveles socioeconómicos identificados, las actividades económicas predominantes, y las actuales condiciones locales de la ciudad. Asimismo, analiza las principales características (cuantitativas y cualitativas) de los residuos, tales como densidad, composición física, contenido de humedad

2. ANTECEDENTES

La Municipalidad de Zepita tiene estudios anteriores de caracterización de residuos sólidos y documentos referidos al Plan Integral de Residuos Sólidos, donde se reporta la generación total del distrito de Zepita en **0.89 Ton/día** (ECRS-2015).

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO


3.1. Objetivo general

El objetivo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, es proporcionar información relevante sobre las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Zepita, Provincia de Chucuito Juli, región de Puno.

3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- Determinar la generación per cápita de residuos domiciliarios.
- Determinar la densidad suelta y compacta de los residuos sólidos domiciliarios.
- Determinar la composición física de residuos sólido domiciliarios.
- Determinar la generación de residuos sólidos no domiciliarios
- Determinar la densidad suelta y compacta de los residuos sólido no domiciliarios.
- Determinar la composición física de residuos sólidos no domiciliarios


.....

BLGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
C.R. 1978

4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

El estudio de caracterización se realizó de acuerdo a la guía metodológica propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM 2019); comprendiendo las siguientes etapas:



Ilustración 1. Secuencia lógica de intervención para la realización del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.1. Procedimientos para la realización del Estudio

Para la realización del presente Estudio de Residuos Sólidos Municipales se llevaron a cabo las siguientes acciones previas a la ejecución del mismo:

4.1.1. Coordinaciones Generales

Con la finalidad de desarrollar las actividades programadas para el estudio, la Gerencia de Medio Ambiente y Servicios, lideró y conformó los equipos de trabajo, las responsabilidades, y la logística necesaria para la ejecución del estudio en el mes de marzo del año 2022.

- Se remitió oficios a las instituciones involucradas para informar sobre la ejecución del estudio.
- Se coordinó con la gerencia de medio ambiente, gerencia municipal para la remisión de toda la información actualizada.

BGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



- Se gestionó y coordinó el área para el estudio, almacenamiento, y transporte de muestras. Así como el personal para la aplicación de encuestas, empadronamiento de participantes.
- Entrega de cartas de invitación a los representantes de las viviendas, instituciones educativas y establecimientos comerciales seleccionados para el estudio.

4.1.2. Conformación y capacitación del equipo técnico

El equipo de trabajo estuvo conformando por:

- 01 Especialista
- 02 Jefes de grupo
- 06 Promotores ambientales

Se procedió a realizar las charlas y capacitación a los diferentes equipos de trabajo explicándose el desarrollo de las diferentes actividades a realizarse durante la ejecución del estudio, como son:

- Marco legal Nacional y local sobre el manejo de los RR.SS. sólidos municipales.
- Conceptos básicos, importancia del estudio y el desarrollo de las etapas de la caracterización de los residuos sólidos municipales.
- Metodología para la aplicación de encuestas en las viviendas y establecimientos comerciales.

4.1.3. Equipos, materiales y herramientas

Equipos

- 01 Balanza de plataforma electrónica de 100 kg.
- 01 Cámara fotográfica digital
- 01 Balanza analítica de 5 kg.

Materiales

- 02 Cilindro metálico de 200 litros de capacidad
- 02 Flexómetros
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Guantes de látex
- Gorros de protección
- Mascarillas de filtro mecánico marca 3 m
- Mandiles
- 06 Tableros
- 02 Escobas
- 02 Recogedores
- Stickers de identificación de viviendas y establecimientos comerciales.
- 01 botellas de Alcohol
- 01 Jabón
- 01 bolsa de detergente


.....
 BLGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



- 02 Equipos de computo
- 7 Plumones de tinta indeleble
- 10 Lapiceros
- 01 Millar de papel bond.

Movilidad

- 01 motocarga para la recolección de las muestras.

4.1.4. Aspectos logísticos

A continuación, se detalla el personal necesario, unidades de transporte utilizadas, y el equipo de protección para el personal:

- Personal
 - 07 promotores para la recolección y segregación
 - 01 chofer
- Unidades de transporte
 - 01 Motocarga para el recojo de las muestras y disposición final luego de la caracterización.
- Equipo de protección
 - Guantes de latex
 - Barbijo
 - Mameluco
 - Botas de jebe
 - Botiquín - kit básico (1 unidad).

4.1.5. Sensibilización, empadronamiento y encuestas a los participantes del estudio

Se realizó la invitación por parte de los promotores ambientales mediante cartas de invitación dirigida a los participantes del estudio explicando la metodología, procedimiento y empadronamiento visitando domicilios, establecimientos comerciales e Instituciones Educativas a continuación, se detallan las siguientes actividades:

- Registro en el formato de empadronamiento y colocación del sticker con el código de identificación en cada muestra seleccionada.
- Encuesta a un representante de la vivienda o responsable del establecimiento sobre la participación en el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Zepita.
- Participación en el estudio con la entrega de sus residuos sólidos durante 8 días consecutivos.


ALGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760

5.5 Determinación y proyección de la población actual

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2017, el Distrito de Zepita la población total está estimada en 17 813, considerando el censo del 2007 y del año 2017 se tiene una tasa de crecimiento de % (Cuadro N° 01).

Cuadro 1. Población rural y urbana estimada para el distrito de Zepita

Población censada	2007	2017	2022
Zona Urbana	2381	3086	3249
Zona Rural	17415	13843	14577
Total	19,796	16,929	17,826

4.2. Determinación de número de muestras para domicilios

La determinación de la cantidad de muestras de residuos sólidos domiciliarios se basó en la proyección de la cantidad de viviendas en la zona urbana del distrito de Zepita.

Los datos utilizados en consecuencia fueron los siguientes.

<i>N° de Viviendas urbanas Censo 2017</i>	904
<i>N° Total de Viviendas Censo 2017</i>	7 189
<i>Tasa de crecimiento anual poblacional</i>	1.04%

Fuente: Elaboración del ECRS 2022

Una vez obtenida esta proyección poblacional, se llevó a cabo la estimación del tamaño de la muestra de viviendas para la caracterización de residuos sólidos domiciliarios de acuerdo al siguiente cuadro.

Rango de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia (20% de n)	Total de Muestras Domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	94	19	113
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	96	19	115

De acuerdo a la aplicación de la fórmula y datos referenciales al rango de viviendas propuesta guía para la elaboración de estudios de caracterización de residuos sólidos municipales 2019 se requiere **85** muestras, sin embargo, en la fase de campo se trabajó con **84** muestras, equivalente a más del 15% adicional, previniendo las deserciones en la participación de las familias.


 BLGO. HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760

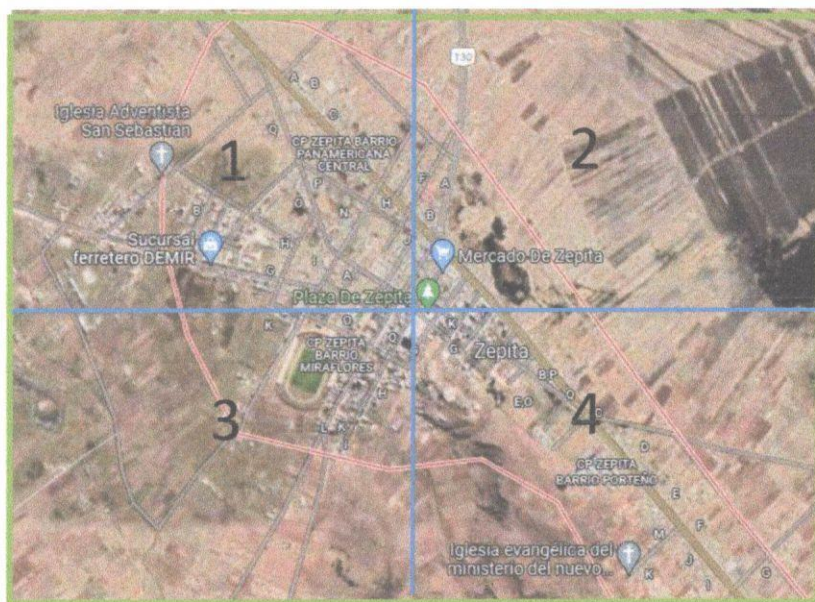
4.2.1. Zonificación del distrito de Zepita

La estimación de la generación de residuos sólidos se ha llevado a cabo considerando la diferenciación de zonas dentro de la ciudad en función de la ubicación de los niveles socioeconómicos principales y más representativos, al ser un distrito tipo G la población no pasa de 600 a 1000 viviendas, teniendo un solo estrato A, para la división de muestras y una distribución en cuatro cuadrantes.

Cuadro 2. Zonificación del Distrito de Zepita

Zona A -1	Zona A - 2	Zona A-3	Zona A-4
- Urbanizaciones ubicadas en el Centro del distrito.	- Barrios populares poco pobladas	- Barrios ubicadas en el Centro del distrito.	- Barrios populares poco pobladas
- Poseen todos los servicios urbanos y otros complementarios.	- Poseen servicios básicos	- Poseen servicios básicos	- Poseen servicios básicos
- Sus habitantes gozan ingresos medios	- Ingreso económico es mayor o igual al sueldo mínimo legal.	- Poseen servicios básicos	- Sus habitantes gozan ingresos medios.

Fuente: Sub Gerencia de Medio ambiente y servicios



[Handwritten signature]
BLGO. HELMER MARCIAL
UR. DE VIZCARRA
CBP 10760

Las viviendas fueron identificadas y distribuidas proporcionalmente. Se seleccionaron ochenta y cuatro (84) viviendas para la zona "A-1", ubicadas en el Barrio San Sebastián,

28 muestras, Barrio San Pedro 14 muestras, barrio Miraflores 14 muestras, Barrio Panamericana 14 muestras, barrio porteño y barrio San Martín 14 muestras.

Cuadro 3. número de muestras en domicilios

Zonas	Tamaño de muestra
Zona A-1	28
Zona A-2	14
Zona A-3	14
Zona A-4	28
Total	84

Fuente: Elaboración del ECRS 2022.

La toma de muestras se realizó por ocho días, desechándose la del primer día, porque se desconoce el número de días acumulados para este.

Para la recolección de la muestra se emplearon bolsas de polietileno codificadas, que se asignó a cada representante de la vivienda seleccionada, a cambio de la bolsa con residuos sólidos del día anterior.

En cada vivienda seleccionada se indicó al jefe (a) de familia que depositaran dentro de la bolsa todos los residuos generados en el día, como consecuencia de las diferentes actividades generadas en el hogar.

Luego se procedió a la recolección diaria de las bolsas con residuos sólidos de los domicilios seleccionados, empleando para la recolección (1) una moto carga.

Una vez concluida la recolección se trasladó el material a un centro de acopio para su pesaje y caracterización respectivo, anotándose en una hoja de registro.

4.3. Determinación de número de muestras No domiciliarias

4.3.1. Identificación de las actividades económicas del distrito de Zepita de acuerdo al índice de usos.

En el distrito de Zepita, entre las principales actividades económicas del distrito según índice de usos o giros comerciales podemos encontrar tiendas o bodegas librerías, restaurantes y pollerías, entre otros; así mismo contamos con instituciones educativas (inicial, primaria y secundaria), además de instituciones públicas, todas las actividades económicas principales descritas e identificadas en el distrito de Zepita, se detallan en el siguiente cuadro:



BLGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



Cuadro 4. Establecimientos comerciales por giros

Giro Comercial	Tamaño de muestra	Tipo de predio
Boutique venta de artículos diversos	1	Comercio
Bodega/abarrotes/	8	
Ventas celulares/accesorios /electrodomésticos	1	
Venta repuestos vehículos en Gral.	1	
Panadería/pastelería	2	
Venta de madera y muebles	1	Servicio
Carnicería	1	
Peluquería/centro de belleza	1	
Casa de préstamo/casa de cambio	1	
Talleres mecánica/soldadura/repaciones diversas	3	
Venta de alimentos (restaurantes, chifas, snack y demás)	3	Institucional
Hoteles, hospedajes, hostel y alojamientos	1	
Oficinas administrativas/privado/publico	1	
Bancos/agentes/cajas	1	
Total	26	

Fuente: elaboración propia

4.3.2. Determinación del número de muestras por actividad económica

Para la determinación del número de muestras en establecimientos comerciales y mercados se determinó según la metodología del MINAM, 2019 según el siguiente detalle:

Rango de total de fuentes de generación no domiciliarios en el distrito(N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia	Total de muestras no domiciliarias
Menor a 50 generadores	n<50	0	Es igual a n
Más de 50 y hasta 100	50	10	60
Más de 100 y hasta 250	70	14	84
Más de 250 y hasta 500	81	16	97
Más de 500 y hasta 1000	88	18	106
Más de 1000	88	22	110

Se obtuvo un total de 26 muestras para comercios (muestras no domiciliarias).

BGO. HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBR 10700

4.3.3. Determinación del número de muestras instituciones educativas

Para la determinación del tamaño de muestra de instituciones educativas de acuerdo a la guía para caracterización de residuos sólidos municipales se muestreo la totalidad de instituciones educativas (inicial, primaria, secundaria) dividiéndolas en sub clases:

Cuadro 5. Cantidad de instituciones educativas a muestrear

Sub clase de instituciones educativas	Cantidad	Total a muestrear
Instituciones educativas con más de 200 alumnos	1	1
Instituciones educativas con más de 200 alumnos	1	1

4.3.4. Determinación del número de muestras limpieza pública

En cuanto al servicio de limpieza publica el distrito de Zepita cuenta con 4 rutas asignado a un personal que realiza el barrido de las principales calles del distrito para el presente estudio se tomo 2 rutas aleatoriamente y de acuerdo a la verificación catastral y la distancia entre las rutas.

5. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.

5.1. Plan de seguridad e higiene

Durante todo el estudio de caracterización de residuos solidos municipales, se tomaron las medidas necesarias para prevenir cualquier riesgo de accidentes, así como charlas de inducción de seguridad con una frecuencia diaria. De igual manera se realizo un taller con la participación de todo el equipo de trabajo a fin de evitar accidentes durante la manipulación de los residuos sólidos, recalando la importancia de la higiene antes y después de las actividades durante el periodo del estudio de caracterización de residuos sólidos. El personal a cargo del estudio conto con implementos de seguridad personal tales como mameluco, botas, barbijo, alcohol, guantes de látex entre otros.

5.2. Recolección de muestras domiciliarias

La recolección de las muestras de las viviendas participantes, se realizó de la siguiente manera:

- Se recolectaron las bolsas de las viviendas seleccionadas, al mismo tiempo se hizo entrega de las bolsas para el siguiente día, así durante 8 días que duro el estudio.
- Luego de la recolección se transportaron a un camión furgón de capacidad de 4 toneladas.
- Una vez concluido el ruteo de recolección de bolsas correspondiente, se llevaron las muestras al centro de acopio proporcionado por la municipalidad.
- En el citado lugar se realizó la caracterización de los residuos sólidos.



BLGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA



Fotografía 2. Recolección de muestras domiciliarias



Fotografía 1. traslado de muestras

5.3. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales.

Obtenidos los pesos promedios de las muestras, se procedió a calcular la generación per cápita de las viviendas y de los establecimientos comerciales, aplicando la siguiente fórmula:

Generación Per cápita por vivienda

$$GPC1 = \frac{Día1 + Día2 + Día3 + Día4 + Día5 + Día6 + Día7}{Número de Habitantes \times 7 \text{ días}}$$

Y para calcular la generación per cápita total del distrito se aplicó la siguiente formula:

Generación Per cápita total de distrito:

$$GPC = \frac{GPC1 + GPC2 + GPC3 + \dots + GPCn}{n}$$

Cabe recalcar que los pesos de los residuos sólidos del primer día (Día 0), se registraron, pero no se consideraron para el cálculo.

BLGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



6. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO.

6.1. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales.

Obtenidos los pesos promedios de las muestras, se procedió a calcular la generación per cápita de las viviendas y de los establecimientos comerciales, aplicando la siguiente fórmula:

Generación Per cápita por vivienda

$$GPC1 = \frac{Día1 + Día2 + Día3 + Día4 + Día5 + Día6 + Día7}{Número\ de\ Habitantes\ x\ 7\ días}$$

Y para calcular la generación per cápita total del distrito se aplicó la siguiente formula:

Generación Per cápita total de distrito:

$$GPC = \frac{GPC1 + GPC2 + GPC3 + \dots + GPCn}{n}$$

Cabe recalcar que los pesos de los residuos sólidos del primer día (Día 0), se registraron, pero no se consideraron para el cálculo.

6.1.1. Determinación de la composición física de residuos sólidos domiciliarios y establecimientos comerciales.

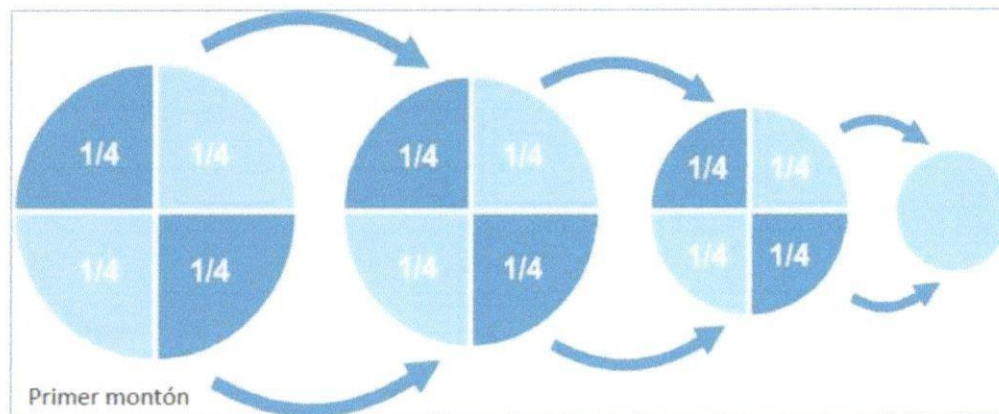
Para la determinación de la composición física de residuos sólidos domiciliarios y establecimientos comerciales, se utilizó el método del cuarteo propuesto por el MINAM, que se detalla a continuación:

- Se utilizó la muestra de un día. Se colocaron los residuos sobre un plástico grande, con el fin de no contaminar los residuos con tierra.
- Se rompieron las bolsas y se vertieron los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozaron los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño manipulable.
- Se dividió en cuatro partes y se escogieron las dos partes opuestas hasta formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se volvió a mezclar y se dividió en cuatro partes nuevamente, luego se escogieron dos opuestos y se formó otra muestra más pequeña.



 DR. HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760

Cuadro 6. Método de Cuarteo para la Composición Física de Residuos Sólidos.



Se separó los componentes del último montón y se clasificó de acuerdo al cuadro N° 6

Cuadro 7. composición física de residuos sólidos

TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS	DETALLE
1. Materia orgánica	Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares.
2. Madera, follaje	Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.
3. Papel	Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, otros.
4. Cartón	Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto
5. Vidrio	Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde.
6. Plástico PET	Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites.
7. Plástico duro	Considera frascos, bateas, otros recipientes.
8. Bolsas	Considera a aquellas bolsas chequeras o de despacho.
9. Tetrapak	Considera envases de leche, jugos, etc.
10. Tecnopor y similares	Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.
11. Metal	Considera latas de atún, leche, conservas, fierro, envases de gaseosa en lata, marcos de ventana, etc.
12. Telas, textiles	Considera restos de telas , textiles
13. Caucho, cuero, jebe	Considera restos de cartuchos, cuero o jebes.
14. Pilas	Considera residuos de pilas.
15. Restos de medicinas, focos, etc.	Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares.
16. Residuos sanitarios	Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas.
17. Residuos inertes	Considera, tierra, piedras y similares.
18. Otros (Especificar)	Considera aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo.

Luego los componentes se colocaron en bolsas para su respectivo pesado.


BLGO. HELMER MARCIAL URIBE VIZCARRA
 CBP 10760

Se calculó el porcentaje de cada componente, teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (Wt) y el peso de cada componente (Pi):

$$\text{Porcentaje (\%)} = (Pi/Wt) \times 100$$

Para la determinación del porcentaje promedio de cada componente, se calculó un promedio simple, es decir se sumó los porcentajes de todos los días de cada componente y se dividió entre los siete días.

Para la composición física detallada de residuos sólidos domiciliarios y por sus características se agrupó de la siguiente manera:

- Residuos orgánicos; aquellos residuos que pueden ser aprovechados en la elaboración de compost, materia orgánica, madera y follaje.
- Residuos comerciales reciclables inorgánicos; por tener un precio en el mercado; Papel, Cartón, Vidrio, Plástico PET, Plástico duro y Metales Ferrosos, representando.
- Residuos reciclables inorgánicos no comerciales; aquellos residuos que no pueden ser aprovechados y cuya disposición sería el relleno sanitario.
- Residuos no reciclables; aquellos residuos que no se puede reciclar; bolsa, tecno por y similares.
- Residuos domésticos peligrosos; aquellos desechos tóxicos, como medicamentos, aparatos electrónicos, pinturas, bombillas y tubos de luz, aerosoles, fertilizantes y plaguicidas, pilas y baterías, etc.
- Residuos domésticos inertes y otros; residuos que proceden de una construcción, tales como el caso de suciedad, escombros, piedras, bloques rotos, ladrillos, etc.

Para la composición general de los residuos sólidos se clasifico acorde a los siguientes grupos:

- Materia orgánica: residuos que se descomponen fácilmente y pueden usarse y pueden usarse en la creación del compost.
- Reciclables: son aquellos que no se descomponen fácilmente en el ambiente, pero que pueden ser transformados fácilmente.
- No aprovechables: son aquellos residuos que no se descomponen ni se transforman en materia prima, y su degradación natural requiere grandes periodos de tiempo.

6.1.2. Determinación de la densidad de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales.

Para hallar la densidad de residuos sólidos domiciliarios y de establecimientos comerciales, se realizó lo siguiente:

- Se acondicionó un recipiente cilíndrico de 200 litros de capacidad.
- Al azar se escogió bolsas de las ya registradas y pesadas y se procedió a vaciar su contenido dentro del recipiente; y así se cogió otras bolsas sucesivamente hasta llenar el recipiente.
- Una vez lleno, se levantó el recipiente 20 cm sobre la superficie y se dejó caer tres veces, con la finalidad de llenar los espacios vacíos en el mismo.
- Luego se midió la altura libre y se anotó en la hoja de registro correspondiente.

BLGO. NELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA

Calculo para hallar la densidad:

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

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos

W: Peso de los residuos sólidos

V: Volumen del residuo sólido

D: Diámetro del cilindro

H: Altura total del cilindro

h: Altura libre de residuos sólidos

N: Constante (3.1416)

6.1.3. Determinación de humedad de los residuos sólidos

Para determinar la humedad se colocó en bolsas de polietileno 20 g de muestra de residuos sólidos orgánicos y 20 g de residuos sólidos inorgánicos y para su respectivo análisis en el Laboratorio

7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

9.1. Resultados de la caracterización domiciliaria

9.1.1. Generación Per Cápita (GPC) de Residuos Domiciliarios

De los datos tomados en campo, se obtuvieron las Generaciones per cápita GPC de residuos sólidos para cada estrato socioeconómico; según el número de viviendas estimadas; en el cuadro que se presenta a continuación resume lo explicado.

Cuadro 8. Generación Per Cápita en domicilios

Zona	Representatividad poblacional	GPC (kg/hab/día)	Generación Total Tn/día
A	100%	0.34	0.31

Fuente: Elaboración del ECRS 2022



DR. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



Como se observa en el cuadro anterior, se obtiene una GPC ponderada kg/hab/día; es decir que cada habitante en el distrito, genera 0.34 kilogramos de residuos sólido por día y la generación total del distrito es de 0.31 tn/día.

9.1.2. Densidad de residuos sólidos domiciliarios

Detallada la metodología para hallar la densidad de los residuos sólidos al medir la altura libre correspondiente a la disposición libre del cilindro de dimensiones conocidas, se obtuvo los siguientes resultados:

Parámetro	Densidad diaria (kg/m ³)							Densidad promedio kg/m ³
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
Densidad	145.39	148.82	112.58	105.41	116.85	135.34	152.84	131.03

La densidad de residuos domiciliario para el distrito de Zepita es de 131.03 kg/m³.

9.1.3. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

La composición física de los residuos sólidos domiciliarios obtenidos después de la separación y análisis realizado sobre las muestras durante 7 días de estudio obtuvo el siguiente resultado:

Cuadro 9. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

Tipo de residuos sólidos	Composición porcentual %
1. Residuos aprovechables	74.98%
1.1. Residuos Organicos	21.40%
a. Residuos de alimentos	10.30%
b. Restos de vegetales	8.30%
c. Restos de poda	1.80%
d. Excretas de animales	0.60%
e. Otros (Cascaras de Huevo, etc)	0.40%
1.2. Residuos Inorgánicos	53.58%
1.2.1. Papel	4.56%
1.2.1.1 Papel blanco	3.60%
1.2.1.2. Papel periódico	0.64%
1.2.1.3. Papel mixto	0.32%
1.2.2. Cartón	7.61%
1.2.1. Cartón liso	2.40%
1.2.2. Cartón marrón	4.70%
1.2.3. Cartón mixto	0.51%
1.2.3. Vidrio	9.56%
1.2.3.1. Transparente	5.34%
1.2.3.2. Otros colores	3.31%


 BLO. HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA



1.2.3.2. Otros (Vidrio de ventana)	0.91%
1.2.4. Plástico	17.54%
a. PET (Botella de gaseosa)	9.34%
b. PEAD (Botellas de yogurt)	5.23%
c. PEBD (Vasos, Platos descartables, film)	0.64%
d. PP (Baldes, tinas, rafia)	2.25%
e. PS (Tapas cristalinas, micas)	0.07%
f. PVC-Policloruro de vinilo (tuberías de agua, desagüe, etc)	0.01%
1.2.6. Tetra pack	0.37%
1.2.7. Metales	4.99%
a. Latas (Hojalata)	2.88%
b. Cobre (Cables)	1.69%
c. Aluminio	0.02%
d. Otros metales	0.40%
1.2.8. Otros reaprovechables	4.88%
a. Textiles	4.07%
2. Residuos no aprovechables	25.02%
2.1. Bolsas plásticas	6.28%
2.2. Tecnopor	1.10%
2.3. Envolturas de golosinas, plástico metalizado	0.78%
2.4. Papel higiénico	5.42%
2.5. Pañales	6.56%
2.6. Pilas	0.17%
2.7. Loza y cerámica	0.37%
2.8. Residuos inertes	3.13%
2.9. Otros	1.21%
	100.00%

9.1.4. Humedad de los residuos sólidos domiciliarios

La humedad de residuos sólidos orgánicos es de 79.75% .

	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	
	03/03/2022	04/03/2022	05/03/2022	06/03/2022	
HUMEDAD DOMICILIARIO	78.84%	81.75%	85.65%	72.75%	79.75%


 DR. HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760



9.2. Resultados de la caracterización no domiciliaria y especial

9.2.1. Generación total

La generación de residuos solidos no domiciliarios y especiales son los siguientes:

Cuadro 10. Fuente de generación no domiciliaria

Nº	Fuente de generación no domiciliaria	Generación total (Kg/día)	Generación total (TN/día)	Generación Total (TN/año)
1	Establecimientos comerciales	43.53	0.044	15.89
2	Restaurantes	3.88	0.004	1.42
3	Instituciones Públicas y Privadas	6.26	0.006	2.28
4	Instituciones Educativas	15.35	0.015	5.60
	Barrido de calles	70.31	0.070	25.66
	TOTAL	139.33	0.139	50.86

9.2.2. Generación Total de residuos solidos especiales

Nº	Fuente de generación no domiciliario	Generación total TN/dia	Generación total TN/año
1	Taller mecánico	0.003	
		0.003	0.03

La generación de residuos sólidos especiales es considerada residuos que en su mayoría no pueden ser reciclados, o necesitan un tratamiento especial.


9.2.3. Generación total de residuos solidos no domiciliarios y especiales

Nº	Fuente de generación no domiciliaria	Generación Total Kg./ día	Generación Total Tn/día	Generación Total Tn/Año
1	Residuos no domiciliarios	139.33	0.139	50.86
2	Residuos especiales	0.3	0.003	1.095
		139.63	0.142	51.955

La generación total de residuos solidos no domiciliarios y especiales del distrito de Zepita se determinó considerando el promedio ponderado de los resultados validados

9.2.1. Densidad de residuos sólidos no domiciliarios

La densidad suelta de los residuos no domiciliarios, se consideró de establecimientos comerciales como mayor representación.


 ALGO. HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760



Parámetro	Densidad Promedio Kg. /m3
Establecimiento comercial	120.10
Institución publica	60.7
Restaurante	95.6
Institución educativa	65.3
Limpieza publica	110.3
Especial	86.4
TOTAL	89.73

9.2.2. Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios

La composición física de los residuos solidos no domiciliarios obtenidos después de la separación y análisis realizados sobre las muestras durante los 7 días de estudio por fuentes de generación, se logro elaborar de las siguientes tablas:

[Handwritten Signature]




Cuadro 11. Composición física residuos sólidos no domiciliarios

Tipo de residuos sólidos	Establecimientos comerciales		IIEE		Institución Pública		Restaurantes		Composición General %
	Composición %	Composición %	Composición %	Composición %	Composición %	Composición %	Composición %		
1. Residuos aprovechables	70.46%	77.05%	68.08%	66.49%	70.52%				
1.1. Residuos Orgánicos	18.60%	17.03%	23.64%	22.63%	20.48%				
a. Residuos de alimentos	10.30%	13.10%	11.90%	16.30%	12.90%				
b. Restos de vegetales	5.30%	2.13%	8.30%	4.30%	5.01%				
c. Restos de poda	1.40%	1.80%	2.80%	0.08%	1.52%				
d. Excretas de animales	0.40%	0.00%	0.60%	0.00%	0.25%				
e. Otros (Cascaras de Huevo, etc)	1.20%	0.00%	0.04%	1.95%	0.80%				
1.2. Residuos Inorgánicos	51.86%	60.02%	44.44%	43.86%	50.04%				
1.2.1. Papel	6.02%	9.17%	8.86%	3.77%	6.96%				
1.2.1.1. Papel blanco	4.50%	3.48%	6.60%	3.31%	4.47%				
1.2.1.2. Papel periódico	0.98%	2.42%	0.94%	0.41%	1.19%				
1.2.1.3. Papel mixto	0.54%	3.27%	1.32%	0.05%	1.30%				
1.2.2. Cartón	6.51%	12.08%	4.71%	6.93%	7.56%				
1.2.2.1. Cartón liso	3.20%	4.45%	1.40%	0.05%	2.27%				
1.2.2.2. Cartón marrón	3.10%	4.71%	2.70%	6.78%	4.32%				
1.2.2.3. Cartón mixto	0.21%	2.92%	0.61%	0.10%	0.96%				
1.2.3. Vidrio	7.34%	2.14%	5.91%	6.65%	5.51%				
1.2.3.1. Transparente	6.12%	1.24%	4.34%	3.34%	3.76%				
1.2.3.2. Otros colores	1.21%	0.19%	1.31%	3.31%	1.51%				
1.2.3.2. Otros (Vidrio de ventana)	0.01%	0.71%	0.26%	0.00%	0.25%				
1.2.4. Plástico	23.27%	23.79%	19.22%	18.29%	21.14%				
a. PET (Botella de gaseosa)	10.40%	9.38%	12.51%	9.12%	10.35%				
b. PEAD (Botellas de yogurt)	8.30%	9.38%	3.21%	6.23%	6.78%				

ELVIRA HELMER MARCIAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760





c. PEBD (Vasos, Platos descartables, film)	4.04%	3.61%	1.27%	2.11%	2.76%
d. PP (Baldes, tinas, rafia)	0.51%	0.05%	2.15%	0.75%	0.87%
e. PS (Tapas cristalinas, micas)	0.01%	1.37%	0.07%	0.02%	0.37%
f. PVC-Policloruro de vinilo (tuberías de agua, desagüé, etc)	0.01%	0.00%	0.01%	0.06%	0.02%
1.2.6. Tetra pack	0.07%	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%
1.2.7. Metales	4.93%	4.89%	1.86%	0.27%	2.99%
a. Latas (Hojalata)	3.90%	2.80%	1.75%	0.19%	2.16%
b. Cobre (Cables)	0.56%	1.69%	0.06%	0.02%	0.58%
c. Aluminio	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%
d. Otros metales	0.45%	0.40%	0.05%	0.05%	0.24%
1.2.8. Otros reaprovechables	1.65%	3.88%	1.80%	4.88%	3.05%
a. Textiles	2.07%	4.07%	2.07%	3.07%	2.82%
2. Residuos no aprovechables	29.54%	22.95%	31.92%	33.51%	29.48%
2.1. Bolsas plásticas	9.21%	7.28%	8.21%	7.51%	8.05%
2.2. Tecnopor	3.70%	4.10%	2.10%	6.10%	4.00%
2.3. Envolturas de golosinas, plástico metalizado	0.95%	0.78%	0.10%	1.20%	0.76%
2.4. Papel higiénico	4.21%	2.42%	7.02%	9.42%	5.77%
2.5. Pañales	0.56%	1.00%	6.56%	3.26%	2.85%
2.6. Pilas	0.03%	0.17%	0.00%	0.11%	0.08%
2.7. Loza y cerámica	0.01%	0.80%	0.59%	0.37%	0.44%
2.8. Residuos inertes	10.12%	4.19%	6.13%	4.33%	6.19%
2.9. Otros	0.75%	2.21%	1.21%	1.21%	1.35%
	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%


 BLO. HELMER MARCAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP-10760

9.3. Resultados generales de la caracterización de residuos sólidos municipales

9.3.2. Generación total y generación per cápita total municipal.

La generación total y la generación per cápita total municipal domiciliaria, no domiciliaria y especial se detallan a continuación:

Cuadro 12. Resumen de la generación total de residuos sólidos municipales

Generación de Residuos Sólidos	Generación Total (Ton/día)
Domiciliario	0.31
No domiciliario y especiales	0.14
Total	0.45

Fuente: Elaboración del EC-RC-2022

La generación total diaria de residuos sólidos para el distrito de Zepita es de 0.45 Ton/día, y la generación per cápita total es de 0.35 kg./hab./día.

Cuadro 13. Estimación de la generación de residuos total para el distrito de Zepita 2022

Población Urbana del Distrito (hab.)	GPC domiciliaria (Kg/hab./día)	Generación Domiciliaria (Kg/día)	Generación No domiciliaria (Kg/día)	Generación Municipal (Kg/día)	GPC Municipal (Kg/día)
3249	0.31	1007.19	139.33	1146.52	0.35

Cuadro 14. Resumen de la densidad de Residuos sólidos domiciliarios y otros municipales

Parámetro	Densidad Promedio (Kg./m3)
Domiciliario	131.03
No domiciliaria y especial	89.73
Total	110.38

Fuente: Elaboración del EC-RC-2022

9.3.3. Composición general de los residuos sólidos municipales

De acuerdo a la composición general se tiene la composición general de los residuos sólidos municipales con el siguiente detalle:

.....

BLGO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10700



Cuadro 15. Composición general de los residuos sólidos municipales del distrito.

Tipo de residuos sólidos	Composición %	Composición %	Composición General %
	No Domiciliario	Domiciliario	
1. Residuos aprovechables	70.52%	74.98%	72.75%
1.1. Residuos Orgánicos	20.48%	21.40%	20.94%
a. Residuos de alimentos	12.90%	10.30%	11.60%
b. Restos de vegetales	5.01%	8.30%	6.65%
c. Restos de poda	1.52%	1.80%	1.66%
d. Excretas de animales	0.25%	0.60%	0.43%
e. Otros (Cascaras de Huevo, etc)	0.80%	0.40%	0.60%
1.2. Residuos Inorganicos	50.04%	53.58%	51.81%
1.2.1. Papel	6.96%	4.56%	5.76%
1.2.1.1 Papel blanco	4.47%	3.60%	4.04%
1.2.1.2. Papel periódico	1.19%	0.64%	0.91%
1.2.1.3. Papel mixto	1.30%	0.32%	0.81%
1.2.2. Cartón	7.56%	7.61%	7.58%
1.2.1. Cartón liso	2.27%	2.40%	2.34%
1.2.2. Cartón marrón	4.32%	4.70%	4.51%
1.2.3. Cartón mixto	0.96%	0.51%	0.74%
1.2.3. Vidrio	5.51%	9.56%	7.54%
1.2.3.1. Transparente	3.76%	5.34%	4.55%
1.2.3.2. Otros colores	1.51%	3.31%	2.41%
1.2.3.2. Otros (Vidrio de ventana)	0.25%	0.91%	0.58%
1.2.4. Plástico	21.14%	17.54%	19.34%
a. PET (Botella de gaseosa)	10.35%	9.34%	9.85%
b. PEAD (Botellas de yogurt)	6.78%	5.23%	6.01%
c. PEBD (Vasos, Platos descartables, film)	2.76%	0.64%	1.70%
d. PP (Baldes, tinas, rafia)	0.87%	2.25%	1.56%
e. PS (Tapas cristalinas, micas)	0.37%	0.07%	0.22%
f. PVC-Policloruro de vinilo (tuberías de agua, desagüé, etc)	0.02%	0.01%	0.02%
1.2.6. Tetra pack	0.02%	0.37%	0.20%
1.2.7. Metales	2.99%	4.99%	3.99%
a. Latas (Hojalata)	2.16%	2.88%	2.52%
b. Cobre (Cables)	0.58%	1.69%	1.14%
c. Aluminio	0.01%	0.02%	0.01%
d. Otros metales	0.24%	0.40%	0.32%
1.2.8. Otros reaprovechables	3.05%	4.88%	3.97%
a. Textiles	2.82%	4.07%	3.45%
2. Residuos no aprovechables	29.48%	25.02%	27.25%
2.1. Bolsas plásticas	8.05%	6.28%	7.17%

[Firma]
 BLO. REDON MARCIAL
 JOSÉ VIZCARRA



2.2. Tecnopor	4.00%	1.10%	2.55%
2.3. Envolturas de golosinas, plástico metalizado	0.76%	0.78%	0.77%
2.4. Papel higiénico	5.77%	5.42%	5.59%
2.5. Pañales	2.85%	6.56%	4.70%
2.6. Pilas	0.08%	0.17%	0.12%
2.7. Loza y cerámica	0.44%	0.37%	0.41%
2.8. Residuos inertes	6.19%	3.13%	4.66%
2.9. Otros	1.35%	1.21%	1.28%
	100.00%	100.00%	100.00%

Cuadro 16. Composición física general de residuos sólidos.

Tipo de residuos sólidos	Composición porcentual
	%
1. Residuos Reaprovechables	72.75%
1.1. Residuos orgánicos (20.9%)	
1.2. Residuos Reciclables (51.81%)	
2. Residuos no aprovechables	27.25%
TOTAL	100.0%

De acuerdo a la caracterización, se tiene potencialmente un 72.75% de residuos reaprovechables y un 27.25% de residuos no aprovechables

10. CONCLUSIONES

- La generación per cápita de los residuos sólidos municipales del distrito de Zepita estima en GPC 0.35 Kg/hab./día para el presente año 2022 y la generación per cápita domiciliaria en 0.31 Kg./día con una generación estimada de 1.15 tn/día para la población total del distrito de Zepita.
- La densidad de los residuos sólidos municipales del distrito de Zepita es de 110.38 siendo la densidad domiciliaria en 131.03 y la no domiciliaria en 89.73.
- La composición física de los residuos sólidos municipales del distrito de Zepita se tiene un mayor porcentaje en los residuos reaprovechables con 72.75% siendo residuos orgánicos en un 20.9% y residuos reciclables en un 51.81% la diferencia se debe a que los residuos de origen orgánico son aprovechados como alimento para la crianza de animales menores y los residuos no aprovechables en un 27.25%


 DR. HELMER MARCUAL
 URIBE VIZCARRA
 CBP 10760



11. RECOMENDACIONES

- La GPC de los residuos sólidos es un parámetro importante para la toma de decisiones para la elaboración del plan integral de residuos sólidos del distrito de Zepita y para mejorar el servicio de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales.
- El porcentaje de residuos sólidos aprovechables es considerable por lo que se recomienda implementar planes y programas de recolección selectiva como a fin de disminuir el volumen de los residuos sólidos en la disposición final aumentando la vida útil de un futuro relleno sanitario.

12. BIBLIOGRAFIA

- Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. Ministerio del ambiente. Perú. 2019. 76p.

13. ANEXOS

Anexo N° 01: Registro de participantes empadronados

Anexo N° 02: Copia de comunicación oficial a los participantes del estudio

Anexo N° 03: Registro de asistencia de capacitación

Anexo N° 04: Registro fotográfico


B. GO. HELMER MARCIAL
URIBE VIZCARRA
CBP 10760



ANEXOS



ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES – ZEPITA 2022



PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRÁFICO
PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022



PANEL FOTOGRÁFICO
PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 03



RECOLECCION DE MUESTRAS EN VIVIENDAS Y COMERCIOS

FOTOGRAFIA N° 04



RECOLECCION DE MUESTRAS EN VIVIENDAS Y COMERCIOS

PANEL FOTOGRÁFICO
PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 07



PRE SELECCIÓN DE MUESTRAS NUMERADAS, ENTRE MUESTRAS DE VIVIENDA Y COMERCIO

FOTOGRAFIA N° 08



PRE SELECCIÓN DE MUESTRAS NUMERADAS, ENTRE MUESTRAS DE VIVIENDA Y COMERCIO

PANEL FOTOGRÁFICO PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

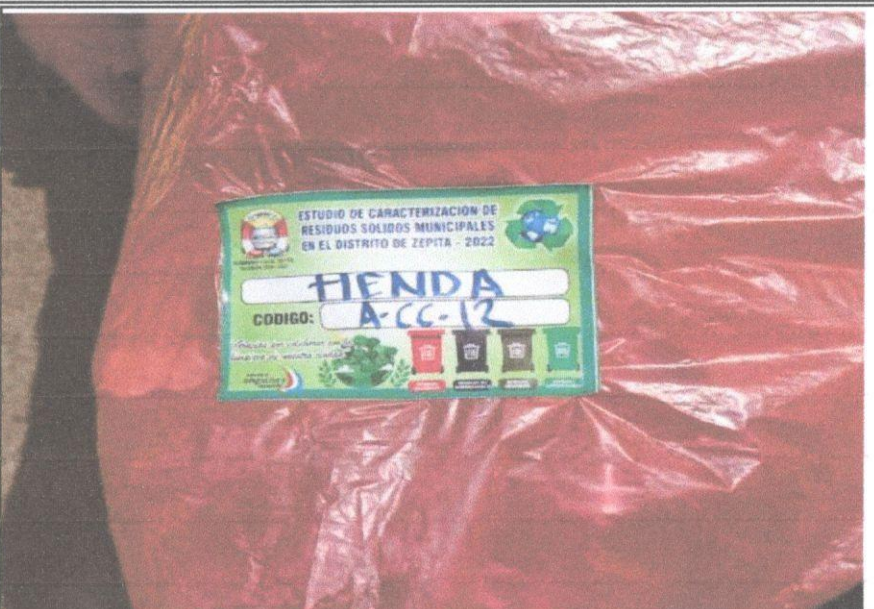
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 09



PRE SELECCION DE MUESTRAS DE VIVIENDAS, CON ROTULOS CODIFICADOS

FOTOGRAFIA N° 10



PRE SELECCION DE MUESTRAS DE COMERCIO, CON ROTULOS CODIFICADOS

PANEL FOTOGRÁFICO
PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022



PANEL FOTOGRÁFICO

PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 13



PESAJE DE MUESTRAS RECOLECTADAS

FOTOGRAFIA N° 14



PROCEDIMIENTO DE TOMA DE DATOS DE MUESTRAS PESADAS

PANEL FOTOGRÁFICO

PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

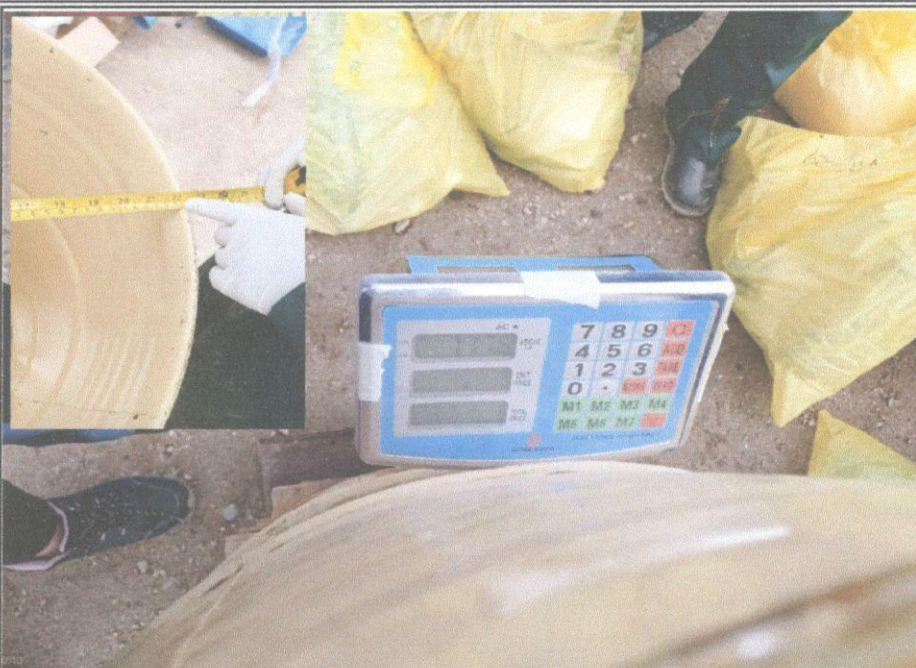
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 15



ETAPA DE SELECCIÓN DE MUESTRA REPRESENTATIVA; TOMA DE MEDIDAS DE CILINDRO

FOTOGRAFIA N° 16



ETAPA DE SELECCIÓN DE MUESTRA REPRESENTATIVA; PESAJE DE CILINDROS

PANEL FOTOGRÁFICO PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

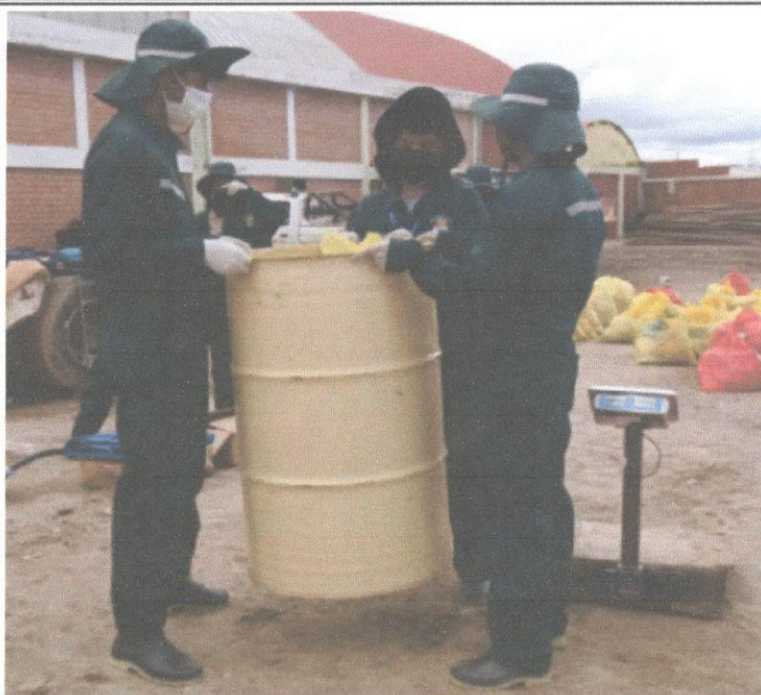
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 17



SE VISUALIZA LOS TRABAJOS DE LA ETAPA DE TOMA DE MUESTRA REPRESENTATIVA

FOTOGRAFIA N° 18



PROCEDIMIENTO DE ZARANDEO PARA TOMAR MEDIDAS DE PORCENTAJE DE ESPONJAMIENTO DE MUESTRAS DE VIVIENDAS

PANEL FOTOGRÁFICO

PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

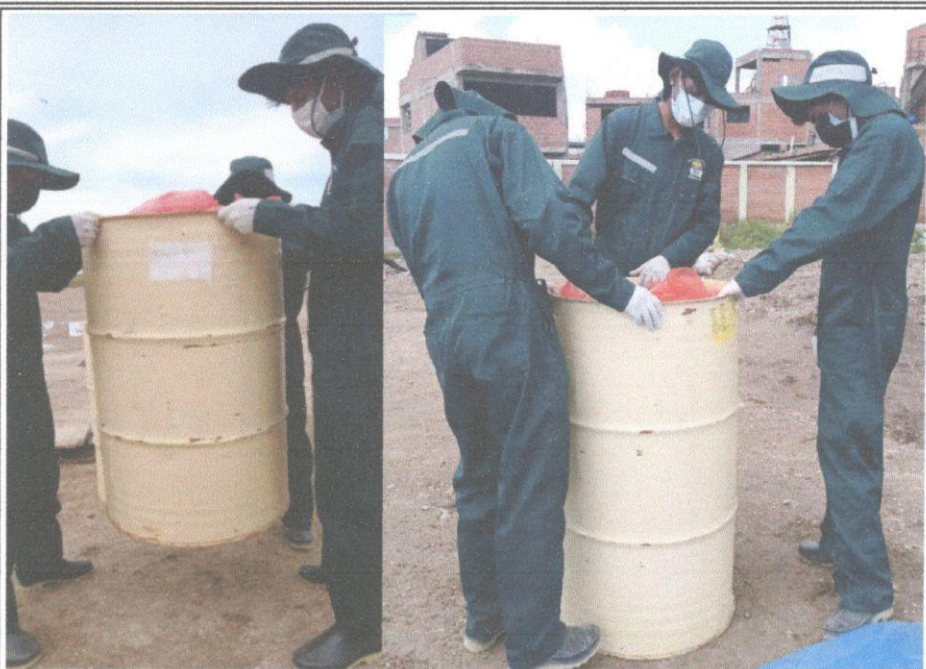
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 19



TOMA DE MEDIDAS DE ESPONJAMIENTO DESPUES DE ZARANDEO DE MUESTRAS DE VIVIENDAS EN CILINDRO

FOTOGRAFIA N° 20



PROCEDIMIENTO DE ZARANDEO PARA TOMAR MEDIDAS DE PORCENTAJE DE ESPONJAMIENTO DE MUESTRAS DE COMERCIO

PANEL FOTOGRÁFICO

PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 21



TOMA DE MEDIDAS DE ESPONJAMIENTO DESPUES DE ZARANDEO DE MUESTRAS DE COMERCIO EN CILINDRO

FOTOGRAFIA N° 22



PROCEDIMIENTO DE MEZCLA Y BATIDO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE COMERCIO

PANEL FOTOGRÁFICO

PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 23



PROCEDIMIENTO DE MEZCLA Y BATIDO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE COMERCIO

FOTOGRAFIA N° 24



PROCEDIMIENTO DE MEZCLA Y BATIDO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE VIVIENDA

PANEL FOTOGRÁFICO
PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 25



PROCEDIMIENTO DE MEZCLA Y BATIDO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE VIVIENDA Y COMERCIO

FOTOGRAFIA N° 26



PROCEDIMIENTO DE MEZCLA Y BATIDO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE VIVIENDA Y COMERCIO

PANEL FOTOGRÁFICO

PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 27



PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN POR CUADRANTE DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS

FOTOGRAFIA N° 28



PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN POR CUADRANTE DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS

PANEL FOTOGRÁFICO
PROCESO DE SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES ZEPITA 2022

FOTOGRAFIA N° 29



PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE MUESTRAS POR CLASIFICADOR

FOTOGRAFIA N° 30



PROCEDIMIENTO FINAL DE PESADO DE MUESTRAS CLASIFICADAS



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 30/07/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EVELYN GERALDINE ACEITUNO CHAYÑA

Dirección: Av. Simón Bolívar N 2744 - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76947823

Teléfono: 999728427 email: _____

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

APLICANDO SISTEMAS DINÁMICOS CON EL SOFTWARE VENSIM DISTRITO DE ZEPITA -

2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Gestión de residuos, Separación en la fuente, Reciclaje y revalorización.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

30 de Julio del 2025

Fecha

