

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y  
MODELADO AMBIENTAL DE RELLENO SANITARIO MANUAL UTILIZANDO  
MATLAB PARA EL DISTRITO DE ATUNCOLLA**

**PRESENTADA POR:**

**MAYKEL GUTIÉRREZ CCAPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](http://Universidad Privada San Carlos) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 8.43%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 7 APR 2025, 10:01 AM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL 2.33%      ● CHANGED TEXT 6.09%

## Report #25666839

MAYKEL GUTIÉRREZ CCAPA // CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y MODELADO AMBIENTAL DE RELLENO SANITARIO MANUAL UTILIZANDO MATLAB PARA EL DISTRITO DE ATUNCOLLA RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla para realizar un modelado ambiental de relleno sanitario manual, utilizando la herramienta MATLAB. El estudio corresponde al enfoque cuantitativo y diseño descriptivo; la caracterización de los residuos sólidos se basó en la guía metodológica (MINAM, 2018) y el modelado ambiental de relleno sanitario mediante el software MATLAB. Luego de cumplir con los procedimientos metodológicos para lograr los objetivos propuestos, se arribó a los siguientes resultados: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios 0.43 kg/hab/día, densidad 103.8 kg /m<sup>3</sup>, una humedad del 50.72% y materia seca 49.28%; en cuanto a la composición física los componentes con mayor proporción fueron los residuos orgánicos con 46.3%, seguido por bolsas de plástico con un 10.9% y los residuos sanitarios con un 7.3%; el modelado de relleno sanitario manual mediante el software Matlab se calculó una área de 2,24 hectáreas; concluyendo que, los resultados obtenidos mediante la caracterización de los residuo sólidos domiciliarios como generación per cápita, composición física, densidad, humedad y materia seca sirvieron para realizar el modelado ambiental codificado para el relleno sanitario

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**  
**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y**  
**MODELADO AMBIENTAL DE RELLENO SANITARIO MANUAL UTILIZANDO**  
**MATLAB PARA EL DISTRITO DE ATUNCOLLA**  
**PRESENTADA POR:**  
**MAYKEL GUTIÉRREZ CCAPA**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Dr. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas De Investigación: Ingeniería Ambiental y Geológica

Puno, 10 de abril del 2025.

## DEDICATORIA

A mis Padres

Dedico este trabajo de investigación, a mi padre quien se ha esforzado en enseñarme que nada es imposible, que todo se puede en esta vida, más aún en este momento que estamos atravesando, admiro su valentía.

En especial a mi Madre.

Asimismo, a mi madre quien siempre estuvo apoyándome y dando aliento diario para poder continuar con los estudios y no dejarme vencer por los obstáculos que se enfrentan día a día e inculcarme los valores de responsabilidad, perseverancia y humildad.

Maykel Gutierrez Ccapa

## AGRADECIMIENTOS

Al culminar este proyecto, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis y que me acompañaron en este camino lleno de aprendizajes y desafíos.

En primer lugar, Agradecemos a mi casa de estudios de la Universidad Privada San Carlos - Puno a los docentes de la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental Agradecer a mi asesor Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA, y también agradecer a mis jurados Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA, Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINARES Dr. MARLENE CUSI MONTESINOS, por su invaluable guía, paciencia y sabios consejos a lo largo de este proceso. Sus enseñanzas han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal.

A mi familia, que siempre ha sido mi pilar de apoyo incondicional. Gracias por su amor, comprensión y aliento en cada etapa de este camino. Sus palabras de ánimo y su confianza en mí han sido mi mayor motivación.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo constante, sus palabras de aliento y por hacer más llevadero este recorrido. Compartir este viaje con ustedes ha sido un privilegio.

Finalmente, a todas aquellas personas que, de una forma u otra, contribuyeron a este proyecto, ya sea compartiendo su tiempo, conocimientos o palabras de aliento. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en este logro, que no es solo mío, sino de todos los que creyeron en mí.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	15
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	16
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	21
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	26
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>27</b>
2.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	27

2.1.2. LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS (RSD)	27
2.1.3. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	27
2.1.4. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	29
2.1.5. RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ	30
2.1.6. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ	30
2.1.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ	30
2.1.8. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN PERÚ	31
2.1.9. RELLENOS SANITARIOS MANUALES EN PERÚ	31
2.1.10. RELLENO SANITARIO	31
2.1.11. MODELAMIENTO	32
2.1.12. MODELO DE RELLENOS SANITARIOS EN MATLAB	33
2.1.13. MODELAMIENTO DEL CÁLCULO DE VOLUMEN NECESARIO DEL RELLENO	34
<b>2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.</b>	<b>34</b>
<b>2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO</b>	<b>36</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS</b>	<b>37</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	37
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	37
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>38</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>39</b>
3.2.1. POBLACIÓN	39
3.2.2. MUESTRA	39
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>40</b>
3.3.1. MÉTODO	40
3.3.2. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS	41
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>47</b>

<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1: CARACTERIZAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.</b>	<b>49</b>
4.1.1. DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DEL DISTRITO DE ATUNCOLLA.	51
4.1.2. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.	53
4.1.3. HUMEDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.	54
<b>4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2: CALCULAR UN PROGRAMA CODIFICADO EN MATLAB PARA REALIZAR LA SIMULACIÓN DEL MODELO AMBIENTAL DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.</b>	<b>55</b>
4.2.1. CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA	56
4.2.2. SIMULACIÓN DEL CÁLCULO DE VOLUMEN Y ÁREA NECESARIA DEL RELLENO SANITARIO ALGORITMO A PARTIR DEL MODELAMIENTO CON EXCEL DEL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO	59
4.2.3. USO DEL SOFTWARE MATLAB R2014A PARA EL TRABAJO DE SIMULACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO	60
4.2.4. CODIFICACIÓN DEL ALGORITMO EN MATLAB R2014A DEL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO	61
4.2.5. CÁLCULO PARA ESTIMAR EL VOLUMEN DEL RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA	62
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Tamaño de muestra para viviendas, según Guía de caracterización de residuos sólidos (MINAM, 2018).	40
<b>Tabla 02:</b> Tipo de residuos.	45
<b>Tabla 03:</b> Operacionalización de variables	47
<b>Tabla 04:</b> Generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.	50
<b>Tabla 05:</b> Densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla	52
<b>Tabla 06:</b> Composición física de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.	53
<b>Tabla 07:</b> Húmedas de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación geográfica del distrito de Atuncolla	39
<b>Figura 02:</b> Datos para el cálculo del volumen de un relleno, (Organización Panamericana de la Salud, 2007)	56
<b>Figura 03:</b> Guia para el cálculo del volumen de un relleno	58
<b>Figura 04:</b> Diagrama de flujo del algoritmo del cálculo del volumen y el área del relleno sanitario	59
<b>Figura 05:</b> Ejecución de software Matlab	60
<b>Figura 06:</b> Programa en Matlab R2014a del Cálculo del Volumen y área de un Relleno Sanitario, primera parte	61
<b>Figura 07:</b> Resultados para vida útil 10 años del relleno sanitario	62
<b>Figura 08:</b> Empadronamiento a las personas participantes en el estudio	73
<b>Figura 09:</b> Recolección de de residuos comerciales	73
<b>Figura 10:</b> Movilidad utilizada para la recolección de muestras	74
<b>Figura 11:</b> Lugar donde se realizó el pesaje, clasificación y densidad de los residuos	74
<b>Figura 12:</b> Pesaje de muestras de residuos	75
<b>Figura 13:</b> Recipiente utilizado para determinar densidad	75
<b>Figura 14:</b> Inicio de la segregación - Separación de residuos sólidos por el tipo de residuo	76
<b>Figura 15:</b> Lugar de disposición final de los residuo sólidos caracterizados	76
<b>Figura 16:</b> Propuesta de lugar para el relleno sanitario del distrito de Atuncolla	77

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia: caracterización de residuos sólidos domiciliarios y modelado ambiental de relleno sanitario manual utilizando Matlab para el distrito de Atuncolla	71
<b>Anexo 02:</b> Panel fotográfico	73
<b>Anexo 03:</b> Humedad de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla	78
<b>Anexo 04:</b> Resultados para vida útil 10 años del relleno sanitario	79
<b>Anexo 05:</b> Código para el cálculo de un relleno sanitario - adquirido desde fundamentos de programación en Matlab.	80

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla para realizar un modelado ambiental de relleno sanitario manual, utilizando la herramienta MATLAB. El estudio corresponde al enfoque cuantitativo y diseño descriptivo; la caracterización de los residuos sólidos se basó en la guía metodológica (MINAM, 2018) y el modelado ambiental de relleno sanitario mediante el software MATLAB. Luego de cumplir con los procedimientos metodológicos para lograr los objetivos propuestos, se arribó a los siguientes resultados: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios 0.43 kg/hab/día, densidad 103.8 kg/m<sup>3</sup>, una humedad del 50.72% y materia seca 49.28%; en cuanto a la composición física los componentes con mayor proporción fueron los residuos orgánicos con 46.3%, seguido por bolsas de plástico con un 10.9% y los residuos sanitarios con un 7.3%; el modelado de relleno sanitario manual mediante el software Matlab se calculó una área de 2,24 hectáreas; concluyendo que, los resultados obtenidos mediante la caracterización de los residuo sólidos domiciliarios como generación per cápita, composición física, densidad, humedad y materia seca sirvieron para realizar el modelado ambiental codificado para el relleno sanitario manual utilizando la herramienta Matlab para el distrito de Atuncolla obteniendo un área de 2,24 hectáreas proyectada para 10 años de vida útil.

**Palabras claves:** Composición física, Densidad, Humedad, Relleno sanitario, Residuos sólidos.

## ABSTRACT

The present research aimed to characterize the household solid waste generated in the Atuncolla district to carry out a manual environmental modeling of a sanitary landfill using MATLAB. The study corresponds to the quantitative approach and descriptive design; the characterization of solid waste was based on the methodological guide (MINAM, 2018) and the environmental modeling of the sanitary landfill using MATLAB software. After complying with the methodological procedures to achieve the proposed objectives, the following results were obtained: Per capita generation of household solid waste 0.43 kg/hab/day, density 103.8 kg/m<sup>3</sup>, a humidity of 50.72% and dry matter 49.28%; in terms of physical composition, the components with the highest proportion were organic waste with 46.3%, followed by plastic bags with 10.9% and sanitary waste with 7.3%; Manual landfill modeling using Matlab software resulted in an area of 2.24 hectares. The results obtained from the characterization of household solid waste, such as per capita generation, physical composition, density, humidity, and dry matter, were used to perform coded environmental modeling for the manual landfill using Matlab for the Atuncolla district, yielding an area of 2.24 hectares projected for a 10-year useful life.

**Keywords:** Physical composition, Density, Humidity, Landfill, Solid waste.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos sólidos en el Perú en los últimos años viene siendo un problema difícil de afrontar por gran parte de las autoridades municipales. Para contrarrestar esta problemática se promueven diferentes clases de estrategias que armonicen el desarrollo humano con la naturaleza. (D.L. N.º 1278)

La importancia que tiene la generación de los residuos sólidos domiciliarios para la humanidad y el impacto que tiene en el medio ambiente. Los residuos sólidos domiciliarios son desechos orgánicos e inorgánicos que se generan en cada una de las viviendas; si estos residuos no se manejan adecuadamente, producen contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas (Rondón et al, 2016).

La caracterización de los residuos sólidos es la actividad consistente en la determinación de la composición de un residuo en diferentes fracciones. Gracias a esto podremos saber qué se está desechando en los contenedores de residuos sólidos y, en función de ello, las etapas y operaciones del servicio, desde el almacenamiento hasta la disposición final, dependen de las cantidades y características, tanto químicas como físicas, de los residuos sólidos. (MINAM, 2018)

Por otro lado, las técnicas del modelamiento y simulación se vienen aplicando en algunos procesos de la gestión integral de los residuos sólidos, con el propósito de una mejora continua. Es por ello que el presente trabajo tiene por objeto aplicar la técnica del modelamiento y simulación de sistemas en el diseño de un relleno sanitario. (Mathworks, 1984)

Este estudio está dividido según los siguientes apartados:

Capítulo I: Se describe el problema y se proporciona información pertinente relacionada con la investigación, utilizando precedentes internacionales, nacionales y regionales para finalmente enumerar los objetivos.

Capítulo II: Se explican el marco teórico, el marco conceptual y la normativa nacional vigente para concluir las hipótesis de este trabajo.

Capítulo III: Describe la metodología de la investigación, el área de estudio, la población y la exposición, y la parte estadística de este estudio.

Capítulo IV. Los resultados obtenidos se presentan en este capítulo tal como se analizan e interpretan.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La gestión inadecuada de los residuos sólidos municipales se ha convertido en un grave problema ambiental a nivel mundial, con aproximadamente el 33% de estos residuos gestionados de manera deficiente, y casi la mitad de ellos siendo biodegradables. Esta situación genera emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global y a la contaminación atmosférica (Rojas, 2023)

En específico, los mercados en países como Ecuador generan grandes cantidades de desechos, principalmente orgánicos, cuya disposición inapropiada en botaderos abiertos contribuye a problemas ambientales y de salud, como la propagación de enfermedades y la contaminación de suelos y fuentes de agua (Asqui & Serrano, 2022).

En la ciudad de Tacna, Perú, se generan alrededor de 2 mil toneladas de residuos sólidos municipales anualmente. La ausencia de un relleno sanitario adecuado lleva a la deposición de estos residuos en el Botadero Municipal de Tacna, aumentando las emisiones de gases contaminantes y afectando la salud de la población (Olarte, 2022).

En la región de Puno, la problemática se agrava por la alta concentración de amoníaco en los lixiviados de los botaderos, lo que puede resultar en problemas de eutrofización en cuerpos de agua. La presencia de sustancias peligrosas, como el mercurio, en los lixiviados pone en riesgo la salud de los ecosistemas y las comunidades cercanas (Cruz, 2022).

Puno enfrenta otro desafío con el único relleno sanitario del departamento en la comunidad de Itapalluni, que está cerca de alcanzar su capacidad máxima. La falta de modelamiento adecuado inicialmente acortó su vida útil, resaltando la necesidad de una planificación y modelamiento más rigurosos para futuros rellenos sanitarios.

En el distrito de Atuncolla, Puno, la combinación de crecimiento demográfico y atractivo turístico ha generado una producción desmedida de desechos, careciendo de un sistema adecuado para su manejo. Esta situación no solo afecta el ambiente, sino que compromete la experiencia turística, un recurso vital para la economía local (Torres, 2022).

Ante este escenario, es imperativo que el distrito de Atuncolla implemente soluciones sostenibles para la gestión de sus residuos. El modelado y construcción de un relleno sanitario adecuado, basado en un modelamiento riguroso, podría ofrecer una solución a largo plazo, asegurando una gestión sostenible de los residuos y protegiendo la salud y bienestar de la comunidad y los visitantes.

En consecuencia, Atuncolla enfrenta una urgente necesidad: implementar una infraestructura que permita una gestión adecuada de estos residuos. Un relleno sanitario bien diseñado, basado en un modelamiento riguroso y enfocado en la sostenibilidad, se presenta como una solución a largo plazo, con la potencialidad de proteger la salud de la comunidad y ofrecer una experiencia turística intacta. Sin esta intervención, Atuncolla podría enfrentar consecuencias devastadoras en salud pública y medio ambiente en un futuro no muy lejano.

Aquí es donde el modelamiento juega un papel esencial. La implementación de un relleno sanitario no es simplemente cavar un hueco y depositar residuos. Es una operación compleja que, si se realiza sin un modelo y planificación adecuados, puede acarrear numerosos problemas, desde la contaminación del agua subterránea hasta la generación incontrolada de gases dañinos. El modelamiento ofrece una visión predictiva y permite anticipar desafíos, como la infiltración de lixiviados que podrían contaminar fuentes de agua, afectando tanto a la población local como a la fauna y flora circundantes. Además,

optimiza recursos determinando la distribución adecuada de residuos y garantizando que el relleno tenga una vida útil maximizada. También ayuda a mitigar impactos negativos, como la generación y liberación de gases de efecto invernadero, diseñando sistemas de captura y aprovechamiento.

Sin el respaldo de herramientas como MATLAB, que permiten una simulación y análisis detallado, Atuncolla podría embarcarse en proyectos costosos que no solo no resuelven el problema central, sino que también introducen nuevos desafíos. Por lo tanto, para asegurar una solución holística y sostenible a los crecientes problemas de gestión de residuos, es imperativo que Atuncolla adopte un enfoque basado en el modelamiento riguroso para el modelado y operación de su relleno sanitario.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo la caracterización de residuos sólidos domiciliarios permite realizar un modelado ambiental de relleno sanitario manual utilizando matlab para el distrito de Atuncolla, 2024?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla?
- ¿Cómo será el cálculo para el modelamiento de un relleno sanitario manual utilizando matlab para el distrito de Atuncolla?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Poveda (2020), en su investigación aplicó la ecuación  $B=2kLoMe^{-kt}$ , se calcula que la generación de biogás es de 32,503,610.10 metros cúbicos. Luego, se determina que el agua consumida para generar este biogás es de 6,338.20 m<sup>3</sup> mediante la ecuación  $Ac=0,195*B1000$ . La capacidad de campo de desechos, calculada a partir de  $CCT=CCr*Vol$ , es de 621,965.92 m<sup>3</sup>. Además, calculó la humedad de los desechos de 636,384.97 m<sup>3</sup> utilizando  $H=\%H*Md$  y se generaron 8,080.85 m<sup>3</sup> de lixiviados mediante  $Lx=H-CCT-Ac$ . Finalmente, el volumen total de residuos, incluyendo lixiviados, fue de

70,075.38 m<sup>3</sup> según  $VT=Lx+F$ . Los cálculos son clave para gestionar eficientemente la generación de biogás y la gestión de residuos. Por lo que se concluye que este modelo permitirá comprender cómo se distribuirán y se moverán los lixiviados a través de la celda del relleno en condiciones de flujo estacionario y cómo reacciona ante la precipitación máxima registrada en el sitio en condiciones de flujo transitorio.

Vásquez (2019), a través de encuestas realizadas a nivel de alta gerencia, jefaturas y a nivel operativo en el departamento de gestión de residuos, se ha identificado de manera precisa los riesgos laborales a los que se enfrentan los trabajadores en actividades como la recolección manual de desechos sólidos y tareas de orden y limpieza. Mediante la implementación del modelo Ecuador, se han delineado estrategias efectivas para minimizar estos riesgos. Esto incluye la elaboración de fichas de procesos que detallan los factores de riesgo, su probabilidad de ocurrencia y las medidas de control necesarias. El modelo Ecuador ha demostrado ser una herramienta valiosa en la gestión de riesgos laborales en el contexto de la gestión de residuos sólidos, brindando un enfoque estructurado y eficaz para mejorar la seguridad de los trabajadores y el cumplimiento de los estándares de seguridad laboral.

### **1.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Añasco & Sánchez (2022), realizaron la aplicación de un enfoque de ponderación binaria en la evaluación de idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Pastaza reveló que un área de 643,208186 hectáreas no es apta debido a la presencia de fallas geológicas, mientras que 4437,5058 hectáreas se identificaron como adecuadas. Estos resultados proporcionan información vital para la planificación y ubicación segura de un relleno sanitario, minimizando los riesgos geológicos asociados. Concluyendo que la investigación ha demostrado la efectividad de la ponderación binaria en la toma de decisiones para la selección de sitios de relleno sanitario, priorizando la seguridad y el medio ambiente.

Moreno (2019), en su estudio titulado “Modelamiento y Simulación del Diseño de un Relleno Sanitario Semi-mecanizado” tuvo como objetivo principal Modelar y simular el diseño de un relleno sanitario semi-mecanizado, su investigación es de tipo aplicada de nivel de investigación correlacional, con diseño experimental, en sus conclusiones detalla que determinó las variables y parámetros más relevantes, para el cálculo del volumen de material de cobertura, volumen y área requerida para el diseño de un relleno sanitario, durante su vida útil del mismo. Con base en estos datos, se seleccionó una metodología para el modelo. Para el modelo de sanitarios manuales, se utilizó el software Matlab, lo que permitió calcular el área de 63641 m<sup>2</sup> (63641 hectáreas) para dicho modelo.

Cruz (2022), resalta la oportunidad de transformar un desafío ambiental en una fuente de energía sostenible, al aprovechar los residuos sólidos municipales en el distrito de La Coipa, San Ignacio, Cajamarca, para la generación de biogás y electricidad. La investigación identifica una gestión deficiente de los residuos sólidos, que contienen una cantidad significativa de materia orgánica. Durante el pico de producción de energía, se estima que el área urbana consume 1,634 kWh, y el biogás generado puede cubrir el 36% de este consumo con 596 kWh, lo que respalda la viabilidad social del proyecto. Con un Valor Actual Neto (VAN) positivo, una Tasa Interna de Retorno (TIR) favorable y un índice de costo-beneficio positivo, este enfoque no solo aborda la gestión de residuos sólidos de manera más efectiva, sino que también ofrece una solución prometedora para las necesidades energéticas urbanas, destacando su potencial en términos económicos y ambientales.

Sota (2021), menciona que el método de relleno sanitario seleccionado para el proyecto, conocido como el Método de Fukuoka o Semi aeróbico, se basa en la degradación microbiana aeróbica con la presencia de oxígeno, lo que resulta en menores emisiones de gas metano, contribuyendo a la mitigación del calentamiento global. La vida útil del relleno sanitario se calculó considerando el volumen de residuos reales que pueden ser dispuestos, lo que resultó en un volumen de recepción de trincheras y plataformas de 442,212.25m<sup>3</sup>. Esto se traduce en una estimación de la vida útil del relleno y su

capacidad para manejar los residuos sólidos de manera eficiente. Además, se establecieron medidas de manejo de gases y tratamiento de lixiviados, lo que demuestra un enfoque integral en la gestión de residuos sólidos. Concluye que se destaca que un diseño óptimo considera limitaciones locales, como capacidad manual y restricciones horarias, siendo esencial para abordar eficazmente los desafíos asociados con la disposición de residuos en la comunidad.

Guevara (2021), en su estudio sobre el manejo de residuos sólidos en el distrito de Chambara se determinó que la población proyectada para el año 2021 es de 3,179 habitantes, y se estima que para el 2031 alcanzará los 3,723 habitantes. La generación de residuos sólidos municipales se calculó en 601.52 kg/día para el año 2021, y se proyecta que aumentará en el futuro. Además, se evidenció que la disposición actual de los residuos en un botadero a cielo abierto no cumple con las condiciones seguras para el medio ambiente. Estos resultados son fundamentales para planificar y diseñar adecuadamente un relleno sanitario que satisfaga las necesidades de disposición de residuos sólidos del distrito de Chambara, considerando su crecimiento poblacional y la generación de residuos en el futuro. La implementación de un sistema de manejo adecuado de residuos es crucial para mitigar los impactos ambientales negativos asociados con la disposición inadecuada de residuos sólidos.

Ruiz (2020), en su estudio realizado en el distrito de Chambara, se destacan varios hallazgos significativos. Se proyecta un crecimiento constante en la población del distrito, lo que implica un aumento en la generación de residuos sólidos en los próximos años. Además, se identificó que la disposición actual de los residuos en un botadero a cielo abierto no cumple con los estándares ambientales necesarios para garantizar la seguridad del entorno. Estos resultados subrayan la urgencia de planificar y diseñar un relleno sanitario adecuado que pueda gestionar eficazmente la creciente cantidad de residuos sólidos generados en el distrito de Chambara. La implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos apropiado es esencial para reducir los impactos negativos

en el medio ambiente y promover un manejo más sostenible de los desechos en la comunidad.

Flores & Cubas (2020), diseñaron un relleno sanitario manual para el distrito de Jepelacio se basa en una cuidadosa planificación que toma en cuenta diversos factores, como las condiciones topográficas del lugar, la profundidad de la capa freática, el crecimiento demográfico proyectado y la generación per cápita de residuos sólidos. Se ha estimado una vida útil de 15 años para el relleno, calculando cuidadosamente los volúmenes de residuos compactados y estabilizados, así como la cantidad de material de cobertura necesaria. Además, se han dimensionado las trincheras de disposición de residuos y se ha calculado el tiempo necesario para la excavación de cada una. El diseño contempla no solo la gestión de residuos domiciliarios, sino también la clasificación y disposición adecuada de residuos reciclables y compostables, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental del proyecto. Este diseño integral y sostenible para la gestión de residuos sólidos en Jepelacio proyecta la capacidad necesaria, establece protocolos para la excavación oportuna y garantiza la continuidad del servicio, ofreciendo una solución a largo plazo para la disposición de residuos y promoviendo la protección del medio ambiente y la salud comunitaria.

Mendieta & Mendoza (2019), en su estudio encontraron que la GPC 2017 de Pachía fue de 0,404 Kg/hab/día. La densidad de los residuos fue de 103.504 Kg/m<sup>3</sup>. Los residuos sanitarios (12,40%) seguido de la materia orgánica (10.473%). La basura sólida doméstica es 36% húmeda, no doméstica 26%. En base al análisis estadístico de los datos de generación de residuos sólidos diarios en las zonas urbana y rural, queda patente que existe una marcada disparidad en la cantidad de residuos acumulados entre estas dos áreas. Los resultados indican de manera contundente que la zona urbana presenta una generación per cápita significativamente mayor que la zona rural. Esta discrepancia es respaldada por pruebas estadísticas sólidas, incluyendo la prueba t, que arroja un valor-P extremadamente bajo, lo que conlleva al rechazo de la hipótesis nula. Concluye que es crucial implementar estrategias para mejorar la gestión de residuos en la

zona urbana, donde se concentra la acumulación, y la validación de la generación per cápita respalda la muestra en el estudio de caracterización de residuos sólidos.

Loyaga (2019), como resultado de la evaluación, identificó dos áreas consideradas óptimas y trece áreas aceptables para la posible instalación de un relleno sanitario en el Distrito de Las Pirias. Las áreas óptimas, con un total de 2.63 y 3.17 hectáreas, se destacaron por cumplir plenamente con los criterios establecidos, proporcionando una ubicación favorable desde el punto de vista ambiental y logístico para la construcción del relleno sanitario. Por otro lado, las áreas aceptables, que varían en tamaño desde 3.86 hasta 59.82 hectáreas, también cumplen con los criterios, aunque pueden requerir una consideración adicional debido a factores específicos. Concluye que la selección de áreas para un relleno sanitario en Las Pirias, basada en criterios técnicos y evaluación multicriterio, ofrece opciones viables para una gestión eficiente y sostenible de residuos sólidos.

Esquivel (2023), en su estudio de caracterización de residuos sólidos Municipales del Distrito de San Pedro Provincia de Canchis-Cusco 2022, planteó como objetivo determinar las características de los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales del Distrito. La metodología del presente trabajo de investigación es de tipo observacional o no experimental, de nivel descriptivo y corte transversal. El estudio, realizado del 20 al 26 de diciembre de 2022, concluyó que en el distrito de San Pedro se genera una cantidad per cápita de 0,4 kg de residuos sólidos al día. En cuanto a su composición, el 78,28 % de los residuos aislados residenciales son reciclables, mientras que el 21,72 % restante no lo son. De los residuos recuperables, el 45,45 % son orgánicos y el 54,55 % inorgánicos. Por otro lado, de los residuos aislados no residenciales, el 66,11 % son aptos, el 47,72 % orgánicos y el 52,28 % inorgánicos. La densidad promedio de residuos sólidos vertidos en el ámbito residencial es de 206,6 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la densidad promedio de residuos sólidos vertidos fuera del ámbito residencial es de 253,70 kg/m<sup>3</sup>. En cuanto a la humedad de los residuos sólidos

generados en el distrito de San Pedro, la humedad en el ámbito residencial es del 68,92 %, mientras que en el ámbito no residencial es del 68,72 %.

“Modelamiento y Simulación del Diseño de un Relleno Sanitario Semi-mecanizado”

### **1.2.3. A NIVEL REGIONAL**

Terrazas (2023), en su estudio investigó la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana de la ciudad de Puno durante el año 2022, centrándose en el distrito de Puno. Utilizando la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales del MINAM, se recopilaron datos de 119 domicilios durante siete días. Los resultados revelaron una generación per cápita de 0.64 kg/hab/día, con un 43.17% de residuos orgánicos y un 56.83% de inorgánicos. La densidad de los residuos sólidos domiciliarios se calculó en 180.30 kg/m<sup>3</sup>, estos hallazgos ofrecen información crucial para la gestión efectiva de desechos en la región.

Bonifacio (2023), en su investigación se centró en diseñar un relleno sanitario para gestionar residuos sólidos municipales en el distrito de Huacullani en 2022. Se utilizó una metodología descriptiva y documental sin instrumentos de recolección de datos, obteniendo información primaria de la Municipalidad. La muestra incluyó 40 viviendas y arrojó resultados de generación diaria de residuos para distintos sectores. Se concluyó que un relleno sanitario manual es adecuado para Huacullani, permitiendo la eliminación adecuada y evitando contaminación por lixiviados del vertedero.

Mamani & Calla (2020), en su estudio de caracterización de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla, revelaron datos significativos sobre la generación, composición y densidad de estos residuos. Se encontró que la Generación Per Cápita (GPC) de residuos sólidos domiciliarios es de 0.36 kg/hab/día, destacando la predominancia de residuos orgánicos, que representan el 23.9% del total. Además, se identificaron otros componentes como plásticos PET, bolsas de plástico de un solo uso, metales y vidrio. La densidad promedio de los residuos fue de 104.54 kg/m<sup>3</sup>, y el contenido de humedad se registró en un 38.13%. Estos hallazgos subrayan la necesidad de mejorar la gestión de residuos sólidos en Atuncolla. Se observan deficiencias en la educación ambiental, la recolección y el

transporte de residuos, así como en la promoción de la reutilización y el reciclaje. La implementación de un plan integral de manejo de residuos sólidos es crucial para abordar estos problemas y promover prácticas más sostenibles en el distrito, lo que beneficiaría tanto al medio ambiente como a la comunidad local.

Hernandez (2019), en su estudio de caracterización de residuos domiciliarios y disposición final en el distrito de Amantani - Puno” refiere que la generación per cápita de residuos sólidos municipales es de 0,143 kg/hab/día, asimismo determinó la cantidad de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos dando como resultado 0,058 kg/hab/día (40 %) y 0,086 kg/hab/día (60%) respectivamente, así mismo se determinó la densidad de los residuos sólidos para cada una de las comunidades estudiadas, obteniendo como resultado un peso volumétrico para la comunidad de Lampayuni y El Pueblo de 76,74 kg/m<sup>3</sup> y 86,99 kg/m<sup>3</sup> respectivamente; la humedad es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida los residuos sólidos domiciliarios dando un valor de 14,94 %, concluyendo que en el distrito de Amantani se generan residuos domiciliarios inorgánicos en mayor cantidad.

Godoy (2020), en su tesis titulada Caracterización y manejo de residuos sólidos domiciliarios en la Municipalidad distrital de Paucarcolla, Puno 2019, planteó como objetivo general Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios de la Municipalidad distrital de Paucarcolla, 2019, para la metodología utilizó la guía metodológica (MINAM, 2018), En sus conclusiones señalan que la cantidad de residuos domiciliarios generados por los habitantes es de 0.41 kg/persona/día con una composición física de 39.81%; residuos orgánicos, bolsas de plástico, 13.80%, residuos municipales, 8.28%, leche latas, 5.12%, atún y aluminio, su densidad promedio durante siete días es de 107.31 kg/m<sup>3</sup> y su humedad promedio de los residuos separados municipalmente es de 27.12%.

Martinez (2024), en su tesis titulada PROPUESTA DE PLAN MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PLATERIA – PUNO, 2023, planteó como objetivo principal proponer un plan de manejo de residuos sólidos domiciliarios de acuerdo a un diagnóstico de caracterización para la municipalidad distrital

de Plateria - Puno, 2023., El primer paso fue caracterizar los residuos solitarios, seguido de un diagnóstico de las actividades de gestión de los mismos mediante la enumeración, y finalmente, una propuesta adecuada para su gestión en el hogar. Para la metodología, se utilizó la guía metodológica (MINAM, 2018) y se trabajaron 54 viviendas. Las tareas desarrolladas incluyeron la recolección de residuos solitarios, su peso y la humedad promedio, así como el análisis de la composición física de las muestras de residuos solitarios durante un período de siete días. Los resultados obtenidos determinaron que la generación per cápita es de 0,29 kg/hab/día, su composición física de 39,81%; en residuos orgánicos, 13,80 % bolsas de plástico, 8,28 % residuos sanitarios, 5,12 %, latas de leche, atún, aluminio, y obteniendo una densidad promedio fue de 107,31 kg/m<sup>3</sup>, la humedad promedio es de 76.13 %, los resultados de la encuesta: 52 % indican que depositan sus residuos en bolsas de plástico, un 41 % indican que botan sus basuras una vez a la semana, un 93 % indica que no segrega en su vivienda, un 93 % indica que no sabe dónde es el destino final de su basura, un 46 % indica que la labor del municipio es malo, un 30 % indica que un problema es que el vehículo que recolecta no pasa por sus viviendas, un 63 % indican que si tienen conocimiento de que es reciclar, un 91 % indica que si les gustaría participar en campañas de reciclaje, un 39 % indican que habiendo más capacitaciones mejoraría la problemática de gestión de residuos sólidos, por último se hizo una propuesta de manejo de residuos sólidos, esto con el fin de mejorar las problemáticas que existe en la actualidad en el distrito.

Atencio (2023), en su tesis con el objetivo de determinar la caracterización de residuos sólidos del mercado Unión y Dignidad, Se trabaja con una zona de estudio, un centro de abastos, donde se vende una variedad de productos. Este mercado cuenta con 340 socios, de los cuales 97 fueron seleccionados por vender sus productos en quioscos o lugares elegidos por los directores del mercado. El documento "Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales" del MINAM sirvió de base para la selección de la muestra y la metodología de la presente investigación. Entre sus hallazgos destacan la generación per cápita, que tuvo un valor de 1.40 kg/hab-día, y su

composición física, que representó el 77% del total de residuos sólidos, seguido de los textiles y telas (trapos), plástico duro, cartón plástico y plástico pet, que presentaron densidades respectivas de 3.6%, 3.1%, 2.9% y 2.2%; finalmente, la densidad estimada de los residuos sólidos generados en el mercado Unión y Dignidad fue igual a 596.91 kg/m<sup>3</sup>. Chambilla (2024), en su investigación titulada Caracterización de residuos sólidos no municipales para la gestión integral de residuos sólidos en el proyecto minero Baltimori Sur - distrito de Cuyocuyo - 2023, su objetivo principal fue de Caracterizar los residuos sólidos no municipales para la gestión integral de residuos sólidos en el Proyecto Minero Baltimori Sur. La metodología empleada es de carácter Descriptivo - Analítico, obtuvo los siguientes resultados: La investigación incluye la identificación de los tipos de residuos sólidos no municipales generados en el proyecto minero Baltimori Sur, la cual logró identificar 68 diferentes tipos de residuos, tanto peligrosos como no peligrosos, generados en las diversas áreas de trabajo de la mina; Además, se determinó la generación per cápita de residuos sólidos no municipales, alcanzando un resultado de 0,511 kg/hab/día. Asimismo, se determinó la densidad de residuos sólidos no municipales generados en el Proyecto Minero Baltimori Sur, con un valor de 401,351 kg/m<sup>3</sup>. Se concluye que la clasificación de residuos sólidos no municipales ha sentado una base sólida para el desarrollo de estrategias de gestión relevantes que incluyen medidas de prevención, reducción, reutilización y disposición final responsable.

Chullunquia (2024), en su tesina titulada Caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito de San Miguel - provincia de San Román - Puno - 2024. planteó como objetivo principal, determinar las características de los residuos sólidos municipales con relación a su generación, composición, densidad y humedad en el Distrito de San Miguel, Provincia de San Román, Puno 2024, Se realizó la zonificación del Distrito en tres zonas: A, B y C. La muestra consistió en 119 viviendas con un total de 60.850 residentes, tanto en áreas urbanas como rurales. Los resultados de la caracterización de residuos sólidos mostraron que la generación per cápita (GPC) fue de 0,55 kg/hab/día, lo que resultó en una generación estimada de 33,5 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, o

12.245,18 Tn/año. El componente con mayor predominio en la composición física de los residuos sólidos urbanos son los residuos reutilizables, representando el 77,71% del total, con un 57,83% de residuos orgánicos reutilizables y un 19,88% de residuos inorgánicos reutilizables. Además, cabe destacar que solo el 22,29 % del total de residuos no recuperables generados en el distrito de San Miguel tiene una densidad de 148,38 % kg/m<sup>3</sup> por día y una humedad del 83,92 %. Esto significa que los residuos no valorizados terminarán en los ríos y áreas verdes del barrio, y también se puede inferir que la comunidad y el municipio no están implementando buenas prácticas ambientales que fomenten la cooperación y la educación ciudadana para una mejor cultura y un desarrollo sostenible.

Mendoza (2024), en su tesis titulada Caracterización de residuos sólidos municipales en el Centro Poblado de Salcedo Puno 2023. Se planteó como objetivo elaborar un estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el centro poblado de Salcedo Puno 2023. En lugar de utilizar un enfoque experimental, emplean una técnica de trabajo descriptiva, transversal y observacional. La población total del municipio de Salcedo Puno es de 84 personas que residen en 7534 viviendas. Utilizando el Manual de Caracterización de Residuos Municipales del MINAM de 2019, la investigación de caracterización arrojó los siguientes hallazgos: la basura aislada doméstica tiene una producción promedio per cápita de 0,20 kilogramos por día, una composición de 47,26 kg de residuos orgánicos por día, 26,05 kg de residuos inorgánicos por día, una densidad promedio de 125,59 kg/m<sup>3</sup> y un contenido de humedad del 76,021 %. En cuanto a los residuos no residenciales, la cantidad típica para negocios comerciales es de 94,62 kg al día, para establecimientos educativos es de 0,20 kg al día, para comercios es de 36,12 kg al día, para restaurantes es de 87,61 kg al día y para limpieza es de 311,06 kg al día. Según un análisis, la densidad de los residuos de suelo no residencial es de 89.896 kg/m<sup>3</sup> y su humedad es del 70,490 %.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla para realizar un cálculo de modelado ambiental de relleno sanitario manual, utilizando la herramienta Matlab,2024

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla.
- Calcular un programa codificado en Matlab para realizar la simulación del modelo ambiental de un relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Un componente esencial de la gestión ambiental debe ser la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (GIRSM). Esta puede definirse como una disciplina que aborda la gestión holística de los residuos urbanos (reducción en su origen, recuperación, reciclaje, disposición, almacenamiento, reconocimiento, traducción, tratamiento y eliminación) de acuerdo con los principios de mejor salud pública, los aspectos económicos, técnicos, de preservación ambiental, estéticos y otros aspectos ambientales que satisfagan las expectativas públicas (Mexiko, 2001).

##### 2.1.2. LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS (RSD)

Cuando su producción alcanza grandes cantidades y, como resultado, comienza a invadir áreas críticas o protegidas, los desechos domésticos conocidos como “basuras” que dan origen a las poblaciones se convierten en una preocupación para la humanidad (Prado, 2015).

##### 2.1.3. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

###### a. Según su origen.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015), clasifica los residuos sólidos en:

- Residuos domiciliarios: Residuos generados en las ocupaciones domésticas llevadas a cabo en los domicilios. Estos entienden los restos de comestibles, periódicos, revistas, botellas, etc. (Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos).

- Residuos no domiciliarios: Residuos generados en una amplia variedad de actividades empresariales e instituciones públicas y privadas (Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos).
- Residuos comerciales: Se producen a lo largo del desarrollo de las ocupaciones comerciales. La mayoría están hechos de plástico, embalsamamientos especiales y artículos personales.
- Residuos industriales: Reconocer los productos residuales peligrosos y no peligrosos de los procesos de diversas industrias, como la manufactura, la minería y la química.
- Residuos de limpieza de espacio públicos: Son desarrollados por servicios de limpieza de barrios, calles, plazas, calles y aceras.
- Residuos de los establecimientos de atención de salud y centros médicos de apoyo:
- Residuos generados en las ocupaciones para la atención y exploración médica, establecimientos como hospitales, clínicas, y puestos de salud.
- Residuos de las ocupaciones de construcción: Generados en las ocupaciones y procesos de creación, rehabilitación, restauración, reestructuración.
- Residuos agropecuarios: residuos producidos a medida que avanzan las ocupaciones agrícolas y pecuarias (Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos).
- Residuos de instalaciones u ocupaciones especiales: Son generados en infraestructuras, comúnmente de enorme extensión, dificultad y de peligro en su operación, con el fin de prestar algunos servicios públicos o privados, así como plantas de tratamiento de agua para consumo humano de aguas residuales. (INEI, 2015, 311) [www.gonitro.com](http://www.gonitro.com)

**b. Por su complejidad:**

- Residuos peligrosos y no peligrosos: Los residuos peligrosos son esos que por sus propiedades o manejo al que son sometidos representan un compromiso importante para la salud de la gente o el ámbito

- Residuos inertes: son aquellos residuos sólidos que, una vez dispuestas en un vertedero, no experimentan cambios físicos, químicos ni biológicos, cumpliendo con los procesos de lixiviación determinado por el reglamento ambiental (Gabarrell 2008)

#### **c. En Función a su Gestión**

- Residuos de gestión municipal: Se producen en hogares, comercios y otras actividades que generan residuos similares a estos y su gestión se ha distribuido a todos los municipios locales.
- Residuos de gestión no municipal: Se originan por procedimientos o actividades que no se comprenden en el ámbito de la gestión municipal. Su destino final se da en relés de seguridad, que pueden ser de dos tipos. (Artículo 83 del Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos).

#### **d. Por su naturaleza:**

- Orgánicos: Residuos de origen biológico (vegetal o animal), que se descomponen naturalmente, provocando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los sitios de régimen y disposición final.
- Inorgánicos: Residuos de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con simplicidad. Tienen posibilidad de ser usados por medio de procesos de reciclaje.

### **2.1.4. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

**Composición y Clasificación.** Identificación de los diferentes tipos de residuos sólidos producidos en los vertederos, como papel, cartón, plástico, vidrio, metales, materiales orgánicos, textiles, entre otros.

**Clasificación de los residuos según su origen y características físicas.**

**Cuantificación.** Calcular la cantidad de cada tipo de residuo producido en un período determinado (diario, mensual o anual). Permite calcular el peso total de residuos separados que debe gestionar el sistema de gestión de residuos. Generación y origen. Identificar las zonas geográficas o demográficas donde se producen mayores cantidades de residuos aislados. (MINAM, 2019)

Análisis de los patrones de generación de residuos en diferentes épocas del año o de la semana. Características físicas y químicas. Evaluación de la sequedad, densidad, tamaño y otras características físicas de los residuos separados. Análisis de la composición química de algunos tipos de residuos para abordar cuestiones específicas, como la gestión de residuos peligrosos (MINAM, 2019).

#### **2.1.5. RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ**

En el marco legal peruano, los residuos sólidos se definen como cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de bienes o servicios, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, priorizando su valorización y, en última instancia, su disposición final (según el Decreto Legislativo N° 1278).

#### **2.1.6. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ**

En Perú, el manejo inadecuado de residuos aislados también tiene efectos perjudiciales para el medio ambiente. Estos incluyen la contaminación de fuentes de agua, suelo y aire. La disposición inadecuada de residuos en verteros y botaderos sin una impermeabilización adecuada puede causar contaminación del suelo y la proliferación de vectores de enfermedades. Además, la falta de residuos puede generar emisiones de gases nocivos y contribuir al cambio climático. (MINAM, 2019)

#### **2.1.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN PERÚ**

Una herramienta esencial para la planificación y gestión de residuos sólidos en Perú es la caracterización de los residuos separados. Esta caracterización permite obtener información sobre la cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos separados, necesaria para diseñar estrategias de gestión adecuadas. Con esta información, las municipalidades peruanas pueden determinar tarifas arbitrarias y tomar decisiones informadas sobre la gestión de los residuos sólidos en sus jurisdicciones (MINAM, 2019).

### **2.1.8. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN PERÚ**

En Perú, el término "Residuos Sólidos Urbanos" se refiere a los residuos generados en hogares, así como en pequeños establecimientos comerciales, industriales y de servicios, que se recolectan rutinariamente como parte de los servicios de limpieza urbana. Para planificar su disposición final en los sanitarios y comprender su comportamiento geomecánico, es crucial determinar la composición gravimétrica de estos residuos. (MINAM, 2019)

### **2.1.9. RELLENOS SANITARIOS MANUALES EN PERÚ**

En algunas zonas rurales o de baja densidad de población del Perú, donde no se justifica la inversión en maquinaria pesada para la gestión de residuos, se pueden utilizar rellenos sanitarios manuales. Estos rellenos se distinguen por emplear mano de obra local y herramientas básicas para la eliminación controlada de residuos, con énfasis en la protección ambiental y las medidas de seguridad (Ruiz, 2020).

### **2.1.10. RELLENO SANITARIO**

Establecimiento orientado a la disposición segura y saludable de residuos del suelo en la superficie o bajo tierra, fundado en los principios y prácticas de la ingeniería ambiental y de la salud (Red de Instituciones especializadas en capacitación para el manejo de residuos del suelo) (REA).

Una de las últimas etapas de la gestión integral de los residuos separados es el relleno sanitario. Esta estrategia busca reducir la generación de residuos, fomentar la reutilización y el reciclaje, y garantizar una disposición final adecuada y segura de los residuos que no se puedan utilizar (Flores y Cubas, 2020).

Según el principio de jerarquía, que considera los residuos, es necesario priorizar las opciones con el menor impacto ambiental negativo al gestionarlos. En este sentido, el relleno sanitario se considera una opción de disposición final superior a otras, como los vertederos a cielo abierto, ya que busca reducir los riesgos ambientales y para la salud pública (Cruz, 2022).

Los aspectos relacionados con el diseño y la operación de estas instalaciones se incluyen en el relleno sanitario. Esto implica considerar los requisitos técnicos y regulatorios para proporcionar una adecuada impermeabilización del suelo, sistemas de recolección y tratamiento de lixiviados, gestión de gases y olores, y monitoreo ambiental, entre otros. Su objetivo es reducir los efectos adversos sobre el medio ambiente. Esto requiere la implementación de medidas de control y mitigación de impactos, como la captura y el tratamiento de los gases de efecto invernadero producidos durante la descomposición de los residuos y la prevención de la contaminación del suelo y los animales por las aguas lixiviadas (Cruz, 2022).

También el relleno sanitario reconoce la importancia de la participación activa de la comunidad y la concienciación pública en la gestión de los residuos sólidos. La educación ambiental y la promoción de la reducción, separación en origen y el reciclaje de los desechos son elementos clave para lograr una gestión sostenible de los residuos (Olarte, 2022).

#### **2.1.11. MODELAMIENTO**

Según Banks et al., (2010). Discrete-Event System Simulation. Pearson Education. El modelamiento y la simulación consisten en el trabajo con el computador y, más específicamente, en el trabajo con o el desarrollo de software para, justamente, modelar y simular. Las aplicaciones de software pueden ser comprendidas sucintamente en los siguientes términos: Existe el software propietario, el software libre y el software de dominio público (sin licencia). En el caso particular de la computación científica, empresarial y de negocios, los productos de software propietario son todos aquellos que trabajan bajo licencias de código cerrado, tales como Mathematica, MatLab, EcoSim, Arena, IThink, Stella, ProModel, Visim y muchos más. No podemos hacer uso de estos productos sin pagar las licencias, además, por lo general, no es permitido (legal) modificar, desensamblar, copiar o distribuir dicho software. El software libre, por su parte, permite todo aquello que el software propietario no admite, salvo algunos compromisos o restricciones contractuales (como poner al servicio del público las mejoras

realizadas a un producto dado o que dichas modificaciones posean, a su vez, licencias tecnológicamente neutras). Las licencias para el software libre se pueden clasificar en licencias de código abierto permisivas y licencias de código abierto robustas e incluyen productos de software como SciLab, E-Cell Simulation Environment, Swarm, Simex, Biome, Cage, ParadisEO2. (Banks et al., (2010)

### **2.1.12. MODELO DE RELLENOS SANITARIOS EN MATLAB**

El modelamiento de un relleno sanitario en MATLAB es un proceso que implica la representación matemática y numérica de los procesos físicos que ocurren en un sitio de disposición final de residuos sólidos. Este modelo se basa en una serie de ecuaciones y algoritmos que describen la evolución temporal y espacial de los residuos y los fenómenos asociados. Algunos componentes clave del modelo podrían incluir:

#### **Generación de Residuos**

El modelo debe considerar la tasa de generación de residuos sólidos en función del tiempo y la distribución espacial en el relleno sanitario.

#### **Compactación**

Se deben incorporar ecuaciones que describen cómo se compactan los residuos bajo el peso de las capas superiores y la maquinaria de compactación.

#### **Producción de Lixiviados**

Se pueden utilizar ecuaciones de transporte para estimar la producción y migración de lixiviados a través de los residuos y su acumulación en la base del relleno.

#### **Generación de Gases**

Modelos de producción de gases, como el metano, pueden calcularse en función de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos.

#### **Distribución de Temperatura**

Dependiendo de las condiciones climáticas y la descomposición biológica, la temperatura en el relleno puede variar. Se pueden incluir ecuaciones de transferencia de calor.

#### **Degradación de Materiales**

Para representar la descomposición de materiales específicos en los residuos, se pueden utilizar ecuaciones de degradación específicas.

### **Planificación de Celdas**

El modelo podría incluir la planificación de celdas de disposición y su secuencia de llenado.

Una vez que se definen todas estas ecuaciones y parámetros, se puede implementar un programa en MATLAB que realice simulaciones numéricas para calcular la evolución del relleno sanitario a lo largo del tiempo. Los resultados de la simulación pueden ayudar en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de residuos, la protección del medio ambiente y la optimización de recursos en un relleno sanitario.

### **2.1.13. MODELAMIENTO DEL CÁLCULO DE VOLUMEN NECESARIO DEL RELLENO**

2.1.13.1 Determinación de las variables de entrada y parámetros para el modelo matemático del diseño de un relleno sanitario.

Basado en la información del curso de autoaprendizaje: Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Uno de los proyectos de la administración municipal es construir un relleno sanitario como solución definitiva para la gestión de residuos. Para iniciar el proceso de selección del sitio, es necesario conocer la cantidad de residuos generados, el volumen del relleno y el área requerida. Para ello, se dispone de la siguiente información.

2.1.13.2 Codificación del relleno sanitario manual en Matlab

En el siguiente párrafo se presenta la codificación que es necesaria para poder realizar un modelado de relleno sanitario manual en MATLAB, los cuales los datos se introducirán para poder realizar un modelado correcto. Dicha codificación es única para y exclusiva para trabajar en el programa Matlab (Anexo 05)

## **2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

- **Almacenamiento:** es el proceso de acumulación de residuos sólidos a lo largo del tiempo, bajo condiciones técnicas, como parte del sistema de gestión de residuos sólidos hasta su valorización o disposición final (MINAM, 2008).

- **Botadero:** Es el lugar donde se depositan residuos aislados sin separarlos ni tratarlos. No existe ningún tipo de control ambiental ni sanitario (Jaramillo, 2003).
- **Botaderos de basura a cielo abierto:** Estos hábitats de botaderos de basura a cielo abierto albergan fauna dañina que puede propagar diversas enfermedades (Jaramillo, 2003).
- **Desechos sólidos:** Se definen como desechos, desperdicios o sustancias descartables que, tras su uso, pierden valor para su propietario y se vuelven indeseables (Vargas, 2008).
- **Disposición final:** Procedimientos o acciones para manejar o disponer los residuos separados como última etapa de su gestión de forma segura para el medio ambiente, la salud y de forma permanente. (D.L. N.º 1278).
- **El término "Gestión Integral de Residuos Sólidos" (GIRS):** se refiere a una metodología (Tchobanoglous, 1994) que involucra la manipulación de los residuos separados para reducirlos, reciclarlos, transformarlos y vertidos, así como el control de los elementos que funcionan como su generación, manipulación, recuperación, separación, procesamiento y transformación, transferencia, transporte, vertido y recuperación del suelo después de que el vertido ha sido clausurado.
- **La transformación de los residuos sólidos:** (Tchobanoglous, 1994), Se puede lograr mediante una separación y un procesamiento adecuados, lo que puede llevar a la reducción de tamaño, la separación por tamaño y densidad, y la compactación. También es fundamental contar con las instalaciones y herramientas necesarias para su correcto manejo, transporte y almacenamiento, así como para su recuperación.
- **Residuos Sólidos Urbanos:** Los residuos sólidos urbanos son una colección diversa de residuos provenientes de edificios, negocios e instituciones, así como de una red vial y espacios públicos, cuya gestión es responsabilidad de las autoridades locales. (D.L. No. 1278).
- **Relleno sanitario:** Este es el método más conocido y utilizado para la disposición final de basura, ya que es eficaz, asequible y tiene un costo menor que otras

inversiones. Sin embargo, debido a los fuertes olores y los problemas de gases que causan los residuos, es necesario contar con terrenos, tanto grandes como pequeños, en las ciudades. (D.L. No. 1278).

- **Matlab:** Es un software y entorno de programación creado por MathWorks. Se utiliza ampliamente en análisis numérico, cálculo matricial, procesamiento estadístico y visualización de datos. Matlab es reconocido por su facilidad de uso y su amplia gama de funciones y herramientas para el análisis y modelado de datos. (Mathworks, 1984)

### 2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos: Establece las disposiciones generales para la gestión integral de los residuos sólidos, incluyendo la disposición final en rellenos sanitarios.

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos: Regula aspectos específicos de la gestión integral de residuos sólidos, incluyendo el diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios.

Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos: Establece los principios, derechos, responsabilidades y obligaciones para la gestión integral de los residuos sólidos.

Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos: Establece los procedimientos y requisitos técnicos para la gestión integral de los residuos sólidos.

Decreto Supremo N° 021-2009-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas: Establece los límites máximos permisibles de calidad para los cuerpos receptores de los lixiviados generados por los rellenos sanitarios.

Directiva N° 002-2016-MINAM/DM, Directiva para la Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales: Establece los lineamientos técnicos para la caracterización de los residuos sólidos municipales, incluyendo métodos de muestreo y análisis.

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla facilita la realización de un modelado ambiental de relleno sanitario manual, utilizando la herramienta matlab, 2024.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

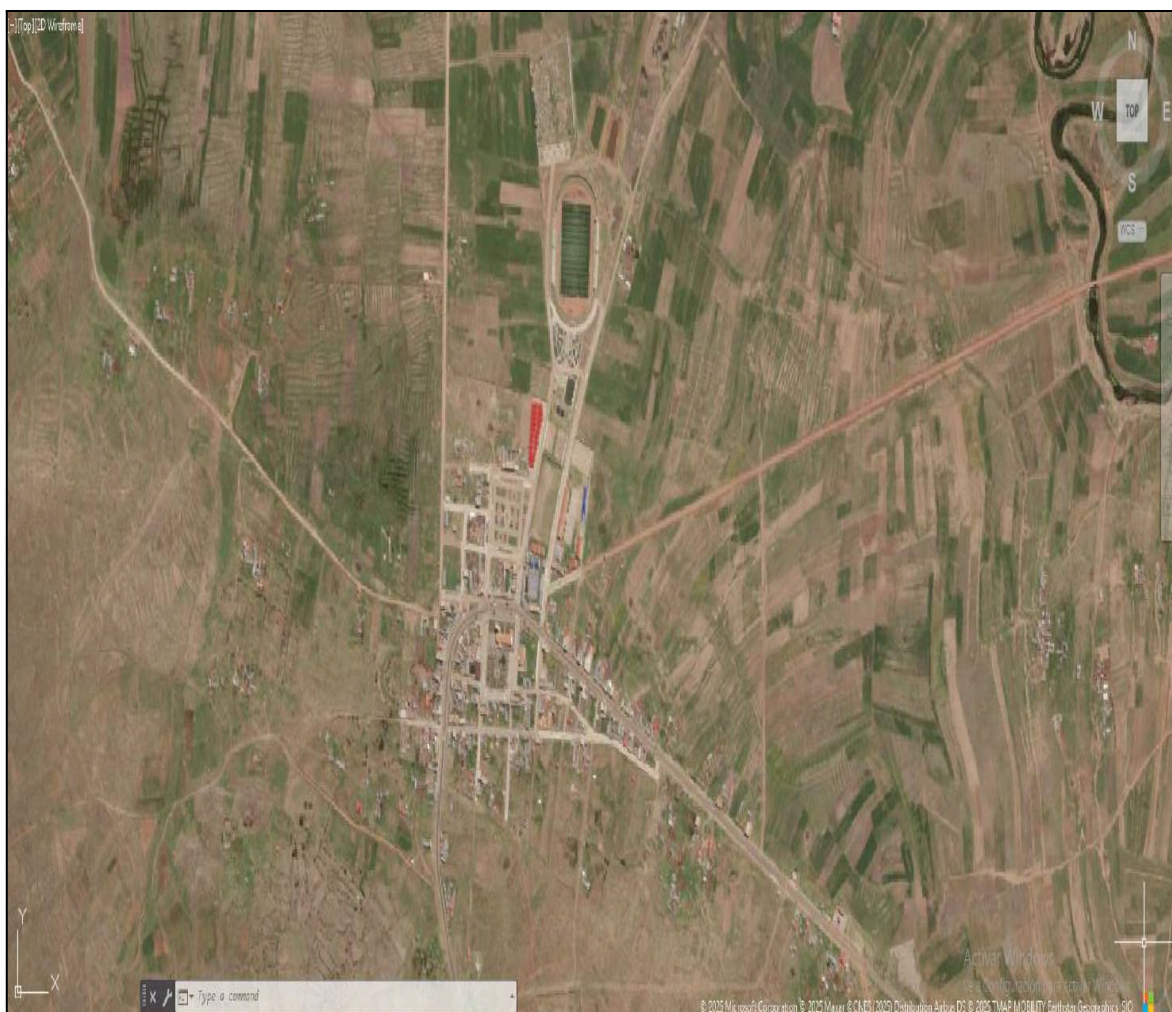
- La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla ofrece una base fundamental para el modelamiento de un relleno sanitario.
- La herramienta Matlab permite realizar un cálculo para el modelamiento ambiental de relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Atuncolla, que se encuentra ubicado en el altiplano peruano, en la región y provincia de Puno a una altura de 3 822 msnm, con una superficie de 124,74 Km. Se encuentra en la vía que lleva a las chullpas de Sillustani, un lugar turístico por sus ruinas antiguas, también existe una actividad turística alta, porque se da el turismo vivencial. UTM X: 500000 Y: 7765873.135210945  
Zona: 33 Hemisferio:



**Figura 01:** Ubicación geográfica del distrito de Atuncolla

**Fuente:** Google Maps. Latitud: 15° 40' 38.72" S. Longitud: 70° 10' 6.99" W

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población según el último censo peruano del distrito de Atuncolla del año 2017 es de 4555 habitantes según (INEI)

Para este proyecto se consideró a los habitantes del mismo centro poblado de Atuncolla los cuales son un total de 329 habitantes según (INEI), con respecto a las viviendas existe un total de 189 viviendas entre ellas 174 ocupadas y 15 desocupadas.

### **3.2.2. MUESTRA**

Para el estudio, se consideró un total de 54 domicilios del distrito de Atuncolla

**Tabla 01:** Tamaño de muestra para viviendas, según Guía de caracterización de residuos sólidos (MINAM, 2018).

<b>Rango de viviendas (N)</b>	<b>Tamaño de muestras (n)</b>	<b>Muestras de contingencia</b>	<b>Total, de muestras domiciliarias</b>
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	94	14	85
Más de 5000 hasta 10000 viviendas	95	19	113
Más de 10000 viviendas	95	23	119

La tabla 01 presenta el tamaño de muestra que se debe utilizar según el número de viviendas existentes, en el distrito de Atuncolla, existe un aproximado de 500 viviendas habilitadas, es por ello que se consideró un total de 54 viviendas

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.3.1. MÉTODO

La investigación se basó en un enfoque cuantitativo en la recopilación y el análisis de datos cuantitativos, es decir, información numérica y objetiva.

**Diseño cuasi experimental**, este diseño de investigación, no busca establecer relaciones de causa y efecto entre variables como en un diseño experimental tradicional. En su lugar, el enfoque se centra en la creación y evaluación de un modelo de relleno sanitario manual para el Distrito de Atuncolla, utilizando el programa codificado matlab.

**La investigación es de tipo Aplicada**, ya que tiene como objetivo resolver un problema práctico específico, es decir, el diseño y modelamiento de un relleno sanitario manual para el Distrito de Atuncolla.

**Técnica:** para el caso, la técnica utilizada fue el Modelamiento y Simulación, ya que se empleó el programa codificado matlab para desarrollar el modelo del relleno sanitario. El modelamiento se basó en la simulación de diferentes variables y condiciones para evaluar su comportamiento y optimizar el diseño del relleno sanitario.

**Instrumentos:** Los instrumentos utilizados incluyeron el software de simulación y programación, como matlab, para codificar y ejecutar el modelo del relleno sanitario. También se utilizaron herramientas adicionales, como hojas de cálculo o bases de datos, para recopilar y analizar los datos relevantes para el modelamiento.

#### **MATERIALES Y EQUIPOS:**

- Cédulas de campo
- Tablas de inventario
- Marcadores tinta negra
- Lápices, gomas, papelería en general.
- Bolsas de polietileno de 0.7m x 0.5 m y calibre 200.
- Ligas de hule de 1.5 mm ancho
- Guantes de hule para uso industrial

### **3.3.2. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVOS**

#### **3.3.2.1 PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO: CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

- **ZONIFICACIÓN DEL DISTRITO DE ATUNCOLLA**

El distrito de Atuncolla para para el caso se zonifico en una sola zona (zona A)

- **RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS POBLADORES Y DETALLES DEL ESTUDIO.**

##### **1. Sensibilización en las viviendas del distrito**

Se entregaron volantes educativos sobre la caracterización. Con estos volantes se detallaron los trabajos que realizaron las viviendas participantes en el estudio

##### **2. Invitación a los habitantes de las viviendas del distrito.**

Se realizó la invitación para la participación de representantes de las viviendas, a quienes se les entregó un oficio múltiple por vivienda, el oficio detalla cómo fue la participación durante los días del estudio.

### **3. Empadronamiento a las 54 viviendas que participaron en el estudio**

El registro de padrones contó con el nombre de la persona que participó del estudio, su número de DNI, la dirección, el número de habitantes de cada domicilio y su firma.

Codificación de muestras

Luego de haber empadronado a las viviendas participantes se procedió al pegado de Stickers Fosforescentes verificando el tipo de generador domiciliario (V), la zona a la que corresponde y el número de vivienda muestreada.

Cada vivienda recibió un código único que se pegó por medio de un sticker para poder identificarlo.

La codificación de las viviendas se realizó



**V-A-05**

Siendo:

V: generador de domicilio (vivienda).

A: zona a la que le corresponde.

05: número de vivienda muestreada.

- **REPARTO DE LAS BOLSAS**

Se repartió bolsas negras durante los 7 días del estudio

- **PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE**

Se dio charlas a las personas que apoyaron en el estudio, sobre la importancia del uso de los implementos de seguridad, y la importancia del aseo adecuado después de la segregación de los residuos, fue muy importante que todos los trabajadores hayan estado con sus equipos de protección personal (EPPs). Para evitar daños durante las actividades de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios.

- **PROCESO DE UN ADECUADO MANEJO DE LAS MUESTRAS DOMICILIARIAS**

## 1. Recolección de muestras domiciliarias

Este proceso se inició, de 7:00 a 10.00 a.m., se recogieron las muestras de cada vivienda participativa y se entregó una bolsa nueva, para el día siguiente, también se requirió de una movilidad una motocarga. Fue necesario que el operario respete los horarios que se establecieron, así mismo para el último día de recolección se indicó a las viviendas participantes que la fase de campo había concluido.

## 2. Transporte de muestras domiciliarias

Las muestras se colocaron en la moto carga katers, este proceso se realizó en cada punto de recolección, se evitó tirar las muestras y se acomodaron para evitar que se caigan durante la recolección.

## 3. Descarga de muestras domiciliarias

Las muestras se llevaron al centro de acopio para su respectivo manejo. Luego se descargaron las bolsas procurando no tirarlas evitando el despilfarro de residuos.

### ● Análisis de las muestras domiciliarias

#### 1. Determinación de la generación per cápita.

Se inició con el pesado de muestras domiciliarias, primero se identificaron los códigos de las bolsas y se registró el peso de todas las bolsas recolectadas por día.

Luego de obtener los pesos promedios de las muestras, se calculó la generación per cápita por cada vivienda, se utilizó la siguiente fórmula para determinar la generación per cápita

Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día)

$$GPCi = \frac{Dia1+Dia2+Dia3+Dia4+Dia5+Dia6+Dia7}{\text{Número de habitantes} \times 7 \text{ días}}$$

#### 2. Determinación de la densidad

Pasos realizados para la determinar la densidad

- Primero se verificó la cantidad de bolsas y su pesaje.
- Segundo se tomó las medidas de diámetro y altura del cilindro.

- Tercero se escogieron bolsas que ya se habían registrado, se anotaron sus códigos y se depositó el contenido dentro del cilindro.
- Cuarto se procedió a levantar el cilindro de 15 cm a 20 cm aproximadamente sobre la superficie y se dejó caer tres veces, con la finalidad de compactar los residuos (llenando los espacios vacíos del recipiente).
- Quinto se midió la altura libre del cilindro es decir la altura sin residuos y se registró.

Para calcular la densidad se empleó la siguiente fórmula:

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

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).

### **3. Determinación de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios**

El proceso fue colocar una plástico de color verde en lugar padimentado, luego se procedio con la colocacion de los residuos solidos ya pesados, formando un montón, una vez realizado este proceso se inició a separar el manualmente de los residuos por el tipo de residuo. se tomó en cuenta los 18 tipos de residuos, Luego de realizar la separación por tipos de residuos se procedió a pesar estas mismas para determinar sus porcentajes de cada tipo de residuos.

### **4. Determinación de la humedad de los residuos domiciliarios**

Se tomó una muestra, en 1 día específico, esta muestra fue picada, puesto en una bolsa (ziploc) con auto sellado, luego fue trasladada. al Mega laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

**Tabla 02:** Tipo de residuos.

TIPOS DE RESIDUOS		DETALLES
1.	Residuo Orgánico	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, entre 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.

**Fuente:** Anexos de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (MINAM, 2018)

Se inició con el cálculo del porcentaje de cada componente, una vez obtenidos los pesos de cada uno de los residuos se estimó el porcentaje utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje (\%)} = (Pc/Pt) \times 100.$$

Dónde:

Pc = Peso de cada componente de los residuos sólidos (plásticos, vidrio, metal, etc.).

Pt = Peso total de los residuos sólidos recolectados en el día.

Se repitió el procedimiento durante los siete días que duró el muestreo de los residuos sólidos.

### **3.3.2.2 PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO:**

Calcular un programa codificado en matlab para realizar la simulación del modelo ambiental de un relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla.

Para el modelamiento se utilizó el entorno de programación matlab, en el cual se calculó mediante el programa codificado que permite la simulación del modelado de un relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla. El programa incorpora las variables y parámetros definidos anteriormente, así como las ecuaciones y algoritmos necesarios para simular el comportamiento del relleno sanitario.

Continuación se trabajó con el código mencionado en el (Anexo 05)

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 03:** Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Vi.		kg/hab/día
Caracterización de residuos sólidos domiciliarios	GPC Densidad, Composición Humedad	Volumen Densidad Humedad Composición Física GPC.
Vd, Modelamiento de un relleno sanitario manual	Proceso de modelamiento.	El proceso de desarrollar el modelo del relleno sanitario manual para el Distrito de Atuncolla. Representa las actividades y decisiones relacionadas con la creación y estructuración del modelo.

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El diseño empleado en la presente investigación es experimental

- Caracterización de residuos domiciliarios

$$Z_c = \frac{X(\text{promedio de GPC}) - x(i) (\text{valor de GPC})}{S(\text{desviación estándar})}$$

Donde:

X (promedio de GPC) = 0.43

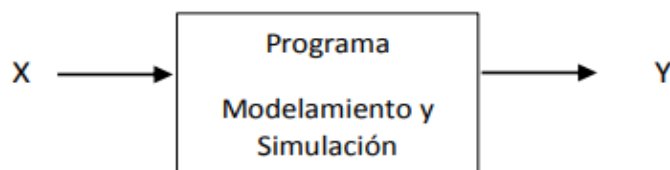
S (desviación estándar) = 0.24

Análisis estadístico

El análisis estadístico se efectúa sobre los datos obtenidos de generación per cápita. Según la metodología descriptiva en la guía de caracterización de residuos sólidos que fue elaborada por (CEPIS, 1996.)

- Modelado ambiental de relleno sanitario manual

Simulación del modelo matemático que representa el procedimiento de cálculo de ejemplo bibliográfico (Hernández, Fernández, Baptista, 2010).



Donde: X: Variables de entrada

Y: Resultados de parámetros de modelamiento

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### **4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1: CARACTERIZAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.**

Este proceso se llevó a cabo mediante el estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios según la metodología presentada por el (MINAM, 2018).

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la caracterización realizada en el distrito de Atuncolla.

- **Generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.**

**Tabla 04:** Generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.

<b>GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS</b>											
N° viv ien da	Código	N° habit ante s	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria								Generació n per cápita Kg/person a/día
			Día 0 Kg	Día 1 Kg	Día 2 Kg	Día 3 Kg	Día 4 Kg	Día 5 Kg	Día 6 Kg	Día 7 Kg	
1	V-A-01	4	1.52	2.48	3.52	1.84	0.85	0.48	0.53	3.4	0.47
2	V-A-02	7	5.35	2.22	4.24	1.28	2.78	1.97	3.1	1.56	0.35
3	V-A-03	6	1.87	4.52	2.43	1.78	0.9	3.34	2.72	1.74	0.42
4	V-A-04	2	2.04	0.45	1.05	0.55	3.8	1.14	0.87	2.32	0.73
5	V-A-05	2	0.77	0.58	1.1	0.4	1.73	0.5	1.31	1.98	0.54
6	V-A-06	6	5.15	2.09	1.88	0.85	1.31	0.25	1.15	1.58	0.22
7	V-A-07	8	8.38	4.1	4.85	2.98	3.4	1.84	2.08	2.59	0.39
8	V-A-08	3	0.58	2.67	1.5	2.08	1.58	1.43	1.85	0.95	0.57
9	V-A-09	1	1.8	0.4	0.84	1.44	1.91	2.58	3.84	1.19	1.74
10	V-A-10	6	2.44	3.48	2.43	0.47	1.92	0.8	3.97	1.05	0.34
11	V-A-11	4	1.58	1.99	0.85	0.87	1.75	2.15	0.95	2.48	0.39
12	V-A-12	2	3.44	0.85	2.88	0.53	1.35	0.59	2.89	2.68	0.84
13	V-A-13	4	1.99	2.32	1.89	0.51	0.48	0.89	1.68	0.74	0.30
14	V-A-14	3	2.47	1.6	0.88	1.47	1.12	0.79	0.58	1.2	0.36
15	V-A-15	3	1.16	1.77	1.89	0.78	1.23	0.69	1.78	1.25	0.45
16	V-A-16	5	4.8	2.11	1.67	0.54	0.32	0.15	1.39	2.74	0.25
17	V-A-17	4	2.53	1.56	2.79	1.38	0.92	1.4	1.89	2.57	0.45
18	V-A-18	2	0.2	0.35	0.35	0.82	3.72	1.13	0.95	0.15	0.53
19	V-A-19	2	1.14	1.34	2.33	1.38	3.86	1.47	2.9	0.75	1.00
20	V-A-20	4	0.96	1.85	1.5	2.22	1.14	0.85	0.68	1.98	0.37
21	V-A-21	2	1.45	1.86	0.85	0.86	0.27	0.78	0.69	0.1	0.39
22	V-A-22	2	0.85	1.02	1.49	0.85	2.99	0.54	1.46	1.98	0.74
23	V-A-23	5	2.82	2.66	2.35	1.43	2.26	3.28	1.58	2.05	0.45
24	V-A-24	5	2.32	1.97	2.4	0.87	0.97	2.41	1.87	2.36	0.37
25	V-A-25	4	1.33	2.48	0.8	0.62	1.58	2.83	2.67	0.97	0.43
26	V-A-26	3	1.5	2.78	1.02	0.37	1.15	0.36	1.69	1.54	0.42
27	V-A-27	4	1.11	1.02	2.14	1.14	0.98	0.22	2.34	1.58	0.34
28	V-A-28	7	5.49	3.25	1.54	1.41	1.96	1.94	0.98	1.66	0.26
29	V-A-29	4	2	1.19	1.02	1.63	0.25	0.3	0.85	0.36	0.20
30	V-A-30	6	4.75	4.2	4.05	1.73	2.48	1.4	0.88	1.9	0.40
31	V-A-31	2	1.48	1.5	1.25	1.22	0.34	0.88	0.85	0.48	0.47

32	V-A-32	4	2.5	0.89	1.87	0.39	1.84	1.81	1.2	1.08	0.32
33	V-A-33	3	0.87	1.82	1.29	0.56	0.66	0.36	1.08	0.81	0.31
34	V-A-34	2	0.4	0.33	0.75	0.15	2.44	1.26	0.61	0.64	0.44
35	V-A-35	3	2.69	0.47	0.77	1.7	3.04	1.2	0.83	0.76	0.42
36	V-A-36	4	4.36	3.26	2.05	0.39	0.63	1.12	1.62	0.72	0.35
37	V-A-37	2	0.79	1.62	0.68	1.33	1.82	0.76	0.18	1.37	0.55
38	V-A-38	6	1.25	0.09	1.3	0.34	1.8	1.36	2.15	1.68	0.21
39	V-A-39	4	1.44	0.04	0.98	0.63	2.11	0.89	0.47	1	0.22
40	V-A-40	7	3.86	0.51	0.72	0.62	3.88	0.67	1.9	1.45	0.20
41	V-A-41	5	1.87	2.12	1.35	1.64	1.58	1.72	2	1.65	0.34
42	V-A-42	4	2.53	0.53	1.4	0.79	0.68	1.67	3.14	2.48	0.38
43	V-A-43	7	5.47	2.71	1.65	1.24	0.36	2.2	1	1.48	0.22
44	V-A-44	5	1.61	0.62	1.68	1.25	0.6	1.85	2	0.58	0.25
45	V-A-45	2	1.47	1.57	0.82	0.26	1.25	1.2	1.2	1.34	0.55
46	V-A-46	3	1.32	1.2	1.37	0.8	3.01	2.42	2.49	1.95	0.63
47	V-A-47	4	0.95	0.67	0.95	1.16	1.22	0.94	0.93	1.85	0.28
48	V-A-48	6	0.13	1.18	1.87	0.33	1.99	0.28	0.85	1.69	0.20
49	V-A-49	5	1.47	0.82	2.58	0.16	0.63	2	2.08	1.25	0.27
50	V-A-50	4	0.82	0.78	2.48	0.48	1.89	0.47	0.14	0.85	0.25
51	V-A-51	2	0.97	0.21	0.55	0.25	1.45	1.28	0.48	1.85	0.43
52	V-A-52	3	2.3	0.34	0.4	0.1	2.69	0.52	0.69	1.47	0.30
53	V-A-53	4	0.83	0.56	1.04	1.01	1.05	1.25	1.94	2.04	0.32
54	V-A-54	2	1.73	0.82	0.68	0.19	0.68	1.96	1.47	1.85	0.55
<b>Generación per cápita domiciliaria del distrito</b>											
<b>0.43</b>											

La tabla 04 presenta los resultados de la generación per cápita obtenida de las 54 viviendas participantes de la caracterización, con sus respectivos códigos.

Por último, se comprueba que la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla es de 0.43 kg/hab/día, la cual es superior a lo que obtuvieron Mamani & Calla (2020); en el distrito de Atuncolla obtuvieron una generación per cápita de 0.36 kg/hab/día de residuos sólidos domiciliarios.

#### **4.1.1. DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DEL DISTRITO DE ATUNCOLLA.**

Se consideraron datos obtenidos del día 1 al día 7, obteniendo la densidad de los residuos sueltos (sin compactar), el promedio total de la densidad durante los 7 días.

**Tabla 05:** Densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla

<b>Día</b>	<b>Diámetro (m)</b>	<b>Altura total (m)</b>	<b>Altura compacta da (Ho)</b>	<b>Peso (kg)</b>	$\pi$	<b>Volumen del residuo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad / día (kg/m<sup>3</sup>)</b>
1	0.58	0.88	0.14	27.8	3.1416	0.390	67.85 kg/m <sup>3</sup>
2	0.58	0.88	0.19	29.87	3.1416	1.150	74.99 kg/m <sup>3</sup>
3	0.58	0.88	0.18	35.78	3.1416	0.181	130.8 kg/m <sup>3</sup>
4	0.58	0.88	0.19	48.24	3.1416	0.198	120.8 kg/m <sup>3</sup>
5	0.58	0.88	0.24	44.02	3.1416	0.143	122.4 kg/m <sup>3</sup>
6	0.58	0.88	0.21	18.4	3.1416	0.179	117.68 kg/m <sup>3</sup>
7	0.58	0.88	0.18	41.66	3.1416	0.166	117.68 kg/m <sup>3</sup>
Promedio total de la densidad de residuos sólidos domiciliarios							103.8 kg/m <sup>3</sup>

En la tabla 05, menciona el promedio total de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito Atuncolla el cual es 103.8 kg/m<sup>3</sup>, el cual es inferior a lo obtenido por Godoy (2020), el cual obtuvo una densidad promedio de 107,31 kg/m<sup>3</sup>.

En la tabla 05, menciona el promedio total de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito Atuncolla, el cual es 103.8 kg/m<sup>3</sup>, el cual es inferior a lo obtenido por Godoy (2020), el cual obtuvo una densidad promedio de 107,31 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.

**Tabla 06:** Composición física de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.

Composición física de Residuos Sólidos Domiciliarios										
Tipo de residuos sólidos	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Composición porcentual
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	%
<b>1.Residuo orgánico</b>	51.6	21.3	17.2	16.7	17.1	19.1	16.4	20.1	179.5	46.3%
<b>2.Madera, follaje</b>	3.9	4	1.9	1.1	2.1	0.84	2.5	1.4	17.74	4.57%
<b>3.Papel</b>	3.1	2.6	2.2	1.7	2	1.2	1.3	0.8	14.9	3.84%
<b>4.Cartón</b>	2	3.3	0.3	2.4	2.2	1.7	1.1	0.9	13.9	3.58%
<b>5.Vidrio</b>	1.5	3.1	1.9	2.1	1.1	1.1	1.3	1.7	13.8	3.56%
<b>6.Plástico PET</b>	3	1.8	1.8	2	2.4	1.9	1.4	1.1	15.4	3.97%
<b>7.Plástico duro</b>	1.4	2.4	2.1	0.2	1.7	0.5	0.9	1.7	10.9	2.81%
<b>8.Bolsas</b>	4	9.5	4	6.4	4.6	2.5	5.8	5.7	42.5	10.96%
<b>9. Cartón Multilaminado</b>	1.5	1.2	0.9	0.7	0.9	0.54	1.2	1.3	8.24	2.12%
<b>10.Tecnopor y similares</b>	0.9	0.87	0.32	0.3	0.4	1.5	0.4	0.9	5.59	1.44%
<b>11.Metalicos</b>	1.8	2.4	1.8	1.6	1.9	1.78	1.58	1.4	14.26	3.68%
<b>12.Telas, textiles</b>	1.5	0.78	0.2	0.5	0.53	1.2	1.4	1.4	7.51	1.94%
<b>13.Caucho, cuero, jebe</b>	0.24	--	0.2	0.5	0.3	0.1	0.2	0.4	1.94	0.50%
<b>14.Pilas</b>	0.1	0.1	0.1	--	0.1	--	0.3	0.3	1	0.26%
<b>15.Restos de medicinas, focos, etc.</b>	0.2	--	0.01	0.11	0.14	--	0.21	0.1	0.77	0.20%
<b>16.Residuos sanitarios</b>	3.7	4.2	3.6	4.9	3.5	4.7	1.8	1.9	28.3	7.30%
<b>17.Residuos inertes</b>	1.9	1.87	0.78	1.21	0.75	1.28	0.98	1.21	9.98	2.57%
<b>18.Otros desechos electrónicos</b>	0.1	0.18	0.16	0.04	0.12	0.01	0.64	0.38	1.63	0.42%
<b>Total</b>	82.44	59.6	39.47	42.46	41.8	39.9	39.4	42.69	387.86	100%
					4	5	1			

En la tabla 06 se muestran los resultados de la composición física de los residuos sólidos en el distrito de Atuncolla.

A continuación se presenta a los componente con mayor porcentaje:

- Residuos orgánicos con 46.3% (restos de comida, cáscaras frutas y cáscaras de verduras).
- Bolsas de plástico con un 10.9%.
- Residuos sanitarios con un 7.3%.
- Metálicos 3.68%.

Estos resultados son contradictorios con Martínez (2024), quien obtuvo respecto a la composición física de los residuos un 39,81%; en residuos orgánicos, 13,80% en bolsas de plástico, 8,28% de residuos sanitarios y 5,12% de metálicos.

#### 4.1.3. HUMEDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.

**Tabla 07:** Húmedas de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla

Porcentaje de humedad y materia seca		
	Muestra M-1	Unidades
<b>Humedad</b>	50.72	%
<b>Materia seca</b>	49.28	%

En la tabla 07 se muestran los resultados de humedad y materia seca de los residuos generados en el distrito de Atuncolla, observando que la humedad es del 50.72% y la materia seca es de 49.28% (Anexo 03); estos resultados son superiores a los obtenidos por (Hernández 2019), quien en su estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios y su disposición final en el distrito de Amantani obtuvo una humedad del 41,65%.

#### **4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2: CALCULAR UN PROGRAMA CODIFICADO EN MATLAB PARA REALIZAR LA SIMULACIÓN DEL MODELO AMBIENTAL DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.**

En este proceso se realizó el cálculo del área requerida para el relleno sanitario, para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.

- **Modelamiento del cálculo de volumen necesario del relleno**

Determinación de las variables de entrada y parámetros para el modelo matemático del diseño de un relleno sanitario.

A partir de información bibliográfica del curso de autoaprendizaje: Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Uno de los proyectos de la administración municipal de una ciudad es construir un sanatorio como solución definitiva a sus problemas. Para iniciar el proceso de selección del sitio, es necesario conocer la cantidad de basura producida, el volumen del relleno y el área requerida. Para ello, se dispone de la siguiente información:

Población en el área urbana	30000 habitantes	
Tasa de crecimiento de la población	2.60%	
Volumen de desechos sólidos recolectados en el vehículo recolector	252 m <sup>3</sup> /semana	
Cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos	90%	
Densidad de los residuos sólidos		
En el vehículo recolector (sin compactación)	300 kg/m <sup>3</sup>	
Recién compactados en el relleno sanitario manual	450 kg/m <sup>3</sup>	
Estabilizados en el relleno sanitario manual	600 kg/m <sup>3</sup>	
	Aumento ppc	1.00%
(20%-25%)	Material de cobertura	20.00%
(20%-40%)	Factor área	30.00%
	Profundidad	6 m

**Figura 02:** Datos para el cálculo del volumen de un relleno, (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

En la figura 02 se muestran los datos adquiridos a partir de información bibliográfica del curso de autoaprendizaje: Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Por último, para el manejo de la información, se realizó el de una hoja de cálculo, para los cálculos y resultados resumidos en el (Anexo 04).

#### 4.2.1. CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA

Cálculo del área por rellenar. A partir de la siguiente ecuación, si se asume una profundidad promedio de seis metros, las necesidades del área serán:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

**Reemplazando:**

- $\left(\frac{8670m}{6m}\right) = 1445 m^2$

**Para 3 años de vida útil:**

- $\left(\frac{27274m}{6m}\right) = 4546 m^2$

El área requerida como se aprecia en el resultado para una vida útil de 03 años del relleno sanitario para el distrito de Atuncolla.

Para el primer año con un total de 14445 m<sup>2</sup> asimismo para el tercer año el total de 4546 m<sup>2</sup>. (Anexo 04)

#### **4.2.1.1 Cálculo del área requerida en hectáreas**

**Cálculo del área total.-** Teniendo en cuenta un factor de aumento F, para las áreas adicionales. En este caso se asume un 30%. Es decir: hectáreas

##### **Para el primer año**

$$AT = F \times ARS = 1,30 \times 14445 = 1878.5 \text{ m}^2 (0,18 \text{ hectáreas})$$

##### **Para 3 años de vida útil**

$$AT = F \times ARS = 1,30 \times 21710 = 28223 \text{ m}^2 (0,59 \text{ hectáreas})$$

obteniendo los cálculos matemáticos como un área de 1878.5 m<sup>2</sup> (1,88 Hectáreas) para el primer año y 224.9 m<sup>2</sup> (0.02249 Hectáreas) para un periodo de vida útil de 10 años obtenida en base a la población, generación y volumen de residuos diaria y anual inicial proyectada progresivamente hasta el décimo año calculado mediante el software Matlab R2014a .

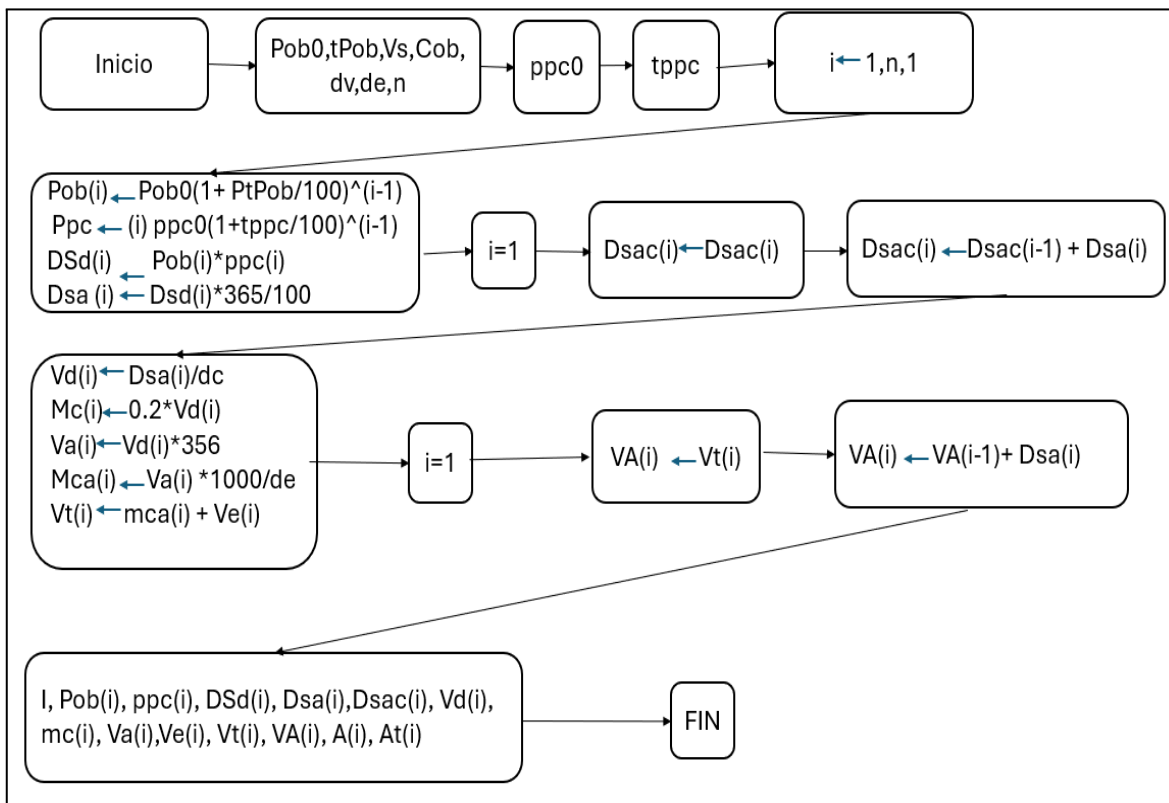
- **Modelo de las ecuaciones matemáticas a través de una hoja cálculo (Excel) del diseño de un relleno sanitario.**

	A	B	C	D	E	F	G
1	Población en el área urbana					30000	habitantes
2	Tasa de crecimiento de la población					2.60%	
3	Volumen de desechos sólidos recolectados						
4	en el vehículo recolector					252	m3/semana
5	Cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos					90%	
6	Densidad de los residuos sólidos						
7	En el vehículo recolector (sin compactación)					300	kg/m3
8	Recién compactados en el relleno sanitario manual					450	kg/m3
9	Estabilizados en el relleno sanitario manual					600	kg/m3
10							
11	Aumento ppc					1.00%	
12							
13	(20%-25%)			Material de cobertura		20.00%	
14							
15	(20%-40%)			Factor área		30.00%	
16							
17	Profundidad					6	m
18							

**Figura 03:** Guía para el cálculo del volumen de un relleno

En la figura 03 se aprecian los cálculos realizados empleando Excel para modelar las ecuaciones matemáticas antes definidas del modelo, dichos cálculos fueron adquiridos de la (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

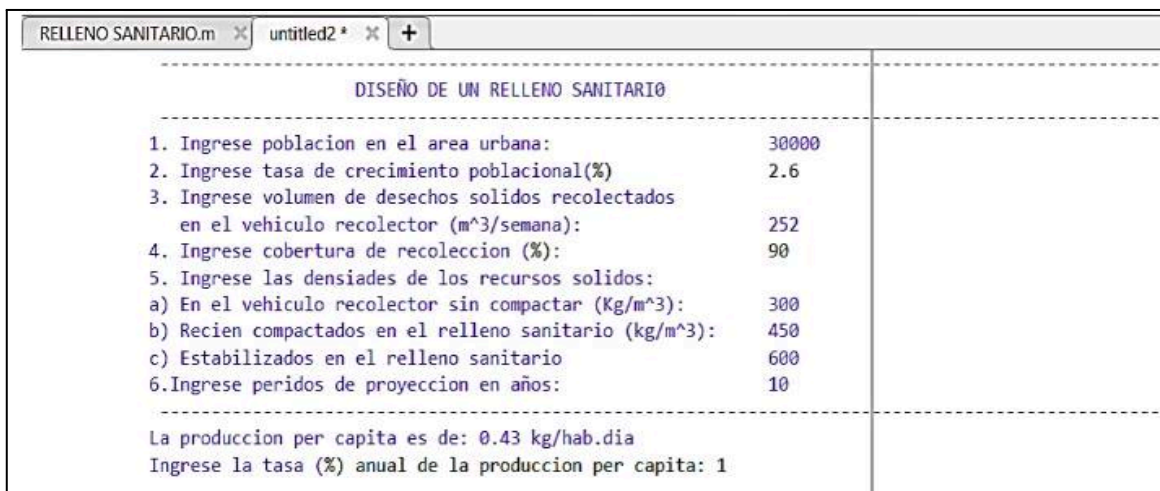
#### 4.2.2. SIMULACIÓN DEL CÁLCULO DE VOLUMEN Y ÁREA NECESARIA DEL RELLENO SANITARIO ALGORITMO A PARTIR DEL MODELAMIENTO CON EXCEL DEL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO



**Figura 04:** Diagrama de flujo del algoritmo del cálculo del volumen y el área del relleno sanitario

En la Figura 04 se aprecia cómo fue la implementación de un diagrama de flujo, de estructura secuencial y repetitiva para el reporte de los resultados.

### 4.2.3. USO DEL SOFTWARE MATLAB R2014A PARA EL TRABAJO DE SIMULACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO

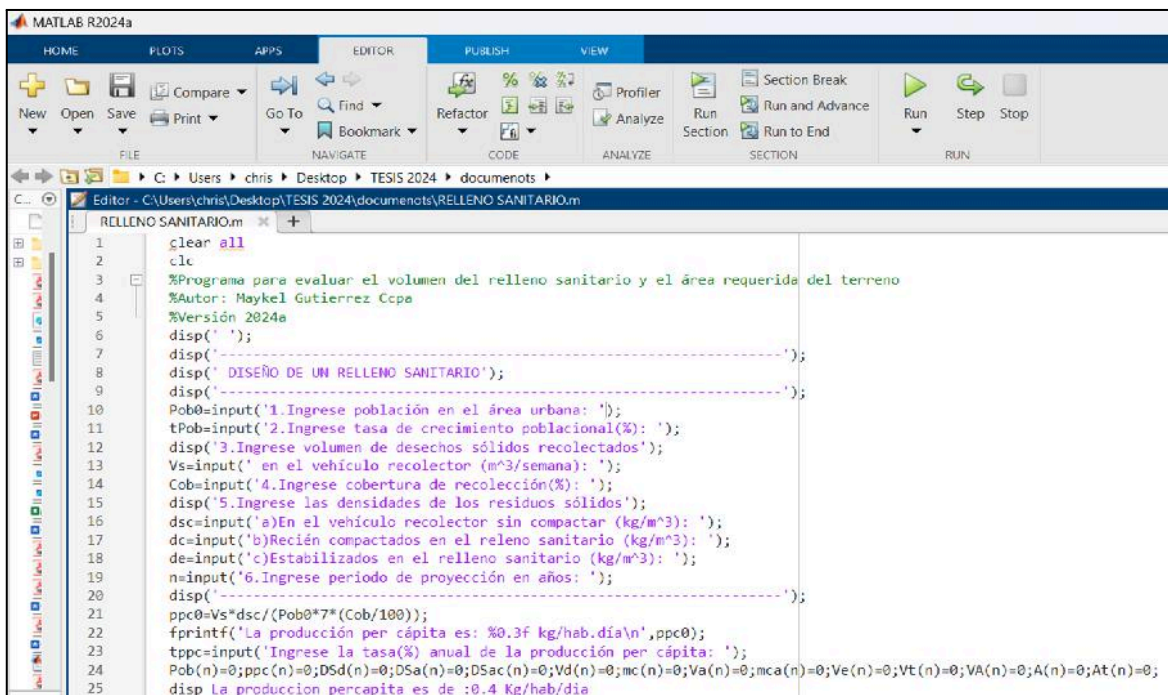


DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO	
1. Ingrese poblacion en el area urbana:	30000
2. Ingrese tasa de crecimiento poblacional(%)	2.6
3. Ingrese volumen de desechos solidos recolectados en el vehiculo recolector (m <sup>3</sup> /semana):	252
4. Ingrese cobertura de recoleccion (%):	90
5. Ingrese las densidades de los recursos solidos:	
a) En el vehiculo recolector sin compactar (Kg/m <sup>3</sup> ):	300
b) Recien compactados en el relleno sanitario (kg/m <sup>3</sup> ):	450
c) Estabilizados en el relleno sanitario	600
6. Ingrese peridos de proyeccion en años:	10
La produccion per capita es de: 0.43 kg/hab.dia	
Ingrese la tasa (%) anual de la produccion per capita: 1	

**Figura 05:** Ejecución de software Matlab

En la figura 05 se muestran los datos que fueron ingresados desde el programa excel a matlab, una vez realizado este trabajo se procedió a la ejecución del programa esto servirá para comprobar los años de vidas útil de del relleno sanitario en dicho distrito.

#### 4.2.4. CODIFICACIÓN DEL ALGORITMO EN MATLAB R2014A DEL DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO



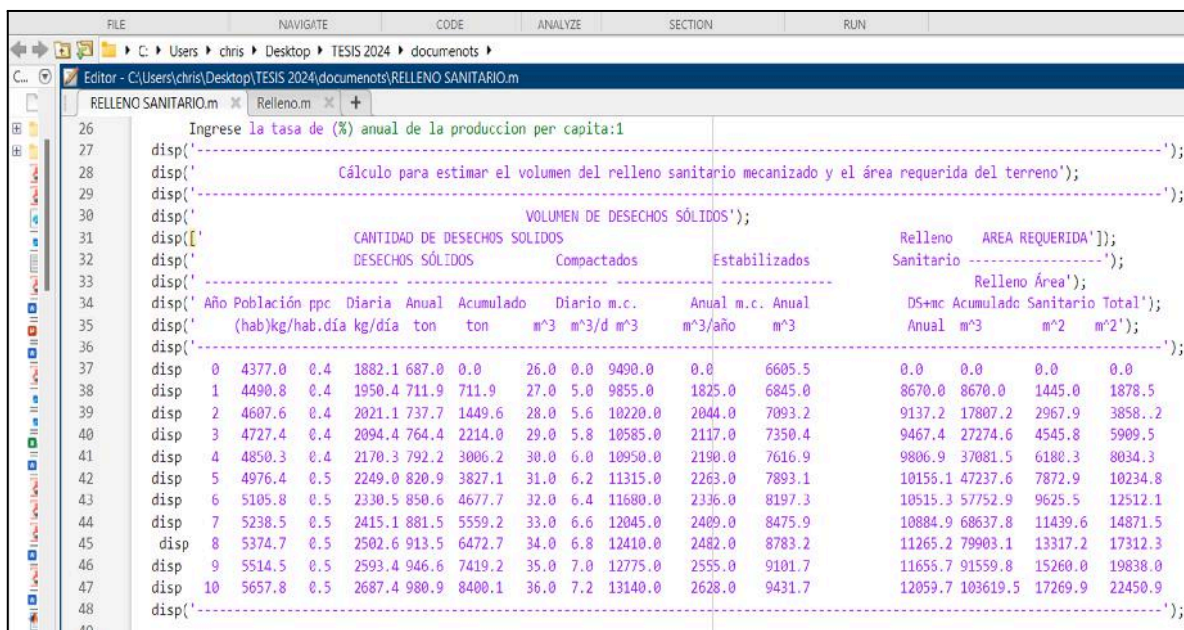
```

MATLAB R2024a
HOME PLOTS APPS EDITOR PUBLISH VIEW
New Open Save Compare Print Go To Find Refactor Analyze Run Section Run and Advance Run Step Stop
FILE NAVIGATE CODE ANALYZE SECTION RUN
C:\Users\chris\Desktop\TESIS 2024\documentos
Editor - C:\Users\chris\Desktop\TESIS 2024\documentos\RELENO SANITARIO.m
RELENO SANITARIO.m
1 clear all
2 clc
3 %Programa para evaluar el volumen del relleno sanitario y el área requerida del terreno
4 %Autor: Maykel Gutierrez Ccpa
5 %Versión 2024a
6 disp(' ');
7 disp('-----');
8 disp(' DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO');
9 disp('-----');
10 Pob0=input('1.Ingrese población en el área urbana: ');
11 tPob=input('2.Ingrese tasa de crecimiento poblacional(%): ');
12 disp('3.Ingrese volumen de desechos sólidos recolectados');
13 Vs=input(' en el vehículo recolector (m^3/semana): ');
14 Cob=input('4.Ingrese cobertura de recolección(%): ');
15 disp('5.Ingrese las densidades de los residuos sólidos');
16 dsc=input('a)En el vehículo recolector sin compactar (kg/m^3): ');
17 dc=input('b)Recién compactados en el relleno sanitario (kg/m^3): ');
18 de=input('c)Estabilizados en el relleno sanitario (kg/m^3): ');
19 n=input('6.Ingrese periodo de proyección en años: ');
20 disp('-----');
21 ppc0=Vs*dsc/(Pob0*7*(Cob/100));
22 fprintf('La producción per cápita es: %0.3f kg/hab.día\n',ppc0);
23 tppc=input('Ingrese la tasa(%) anual de la producción per cápita: ');
24 Pob(n)=0;ppc(n)=0;DSd(n)=0;DSa(n)=0;DSac(n)=0;Vd(n)=0;mc(n)=0;Va(n)=0;mca(n)=0;Ve(n)=0;Vt(n)=0;VA(n)=0;A(n)=0;At(n)=0;
25 disp('La producción percapita es de :0.4 Kg/hab/día
  
```

**Figura 06:** Programa en Matlab R2014a del Cálculo del Volumen y área de un Relleno Sanitario, primera parte

En la Figura 06 se presentan las instrucciones en MATLAB para ingresar las variables necesarias para el cálculo iterativo de la proyección de la población, la producción per cápita, la cantidad de desechos sólidos, el volumen de estos desechos, el material de cobertura, el volumen del relleno sanitario y el área requerida durante toda la vida útil teórica del relleno. Por otro lado, se presenta el cálculo anual y acumulativo de los datos, además de generar su respectivo informe.

## 4.2.5. CÁLCULO PARA ESTIMAR EL VOLUMEN DEL RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA



```

26 Ingrese la tasa de (%) anual de la produccion per capita:1
27 disp('-----');
28 disp('          Cálculo para estimar el volumen del relleno sanitario mecanizado y el área requerida del terreno');
29 disp('-----');
30 disp('          VOLUMEN DE DESECHOS SÓLIDOS');
31 disp(['          CANTIDAD DE DESECHOS SOLIDOS          Relleno  AREA REQUERIDA']);
32 disp('          DESECHOS SÓLIDOS          Compactados          Estabilizados          Sanitario          ');
33 disp('-----');
34 disp(' Año Población ppc Diaria Anual Acumulado Diario m.c. Anual m.c. Anual          Relleno Área');
35 disp(' (hab)kg/hab.día kg/día ton ton m^3 m^3/d m^3 m^3/año m^3          DS+mC Acumulado Sanitario Total');
36 disp('-----');
37 disp 0 4377.0 0.4 1882.1 687.0 0.0 26.0 0.0 9490.0 0.0 6605.5 0.0 0.0 0.0 0.0
38 disp 1 4490.8 0.4 1950.4 711.9 711.9 27.0 5.0 9855.0 1825.0 6845.0 8670.0 8670.0 1445.0 1878.5
39 disp 2 4607.6 0.4 2021.1 737.7 1449.6 28.0 5.6 10220.0 2044.0 7093.2 9137.2 17807.2 2967.9 3858.2
40 disp 3 4727.4 0.4 2094.4 764.4 2214.0 29.0 5.8 10585.0 2117.0 7350.4 9467.4 27274.6 4545.8 5909.5
41 disp 4 4850.3 0.4 2170.3 792.2 3006.2 30.0 6.0 10950.0 2190.0 7616.9 9806.9 37081.5 6180.3 8034.3
42 disp 5 4976.4 0.5 2249.0 820.9 3827.1 31.0 6.2 11315.0 2263.0 7893.1 10155.1 47237.6 7872.9 10234.8
43 disp 6 5105.8 0.5 2330.5 850.6 4677.7 32.0 6.4 11680.0 2336.0 8197.3 10515.3 57752.9 9625.5 12512.1
44 disp 7 5238.5 0.5 2415.1 881.5 5559.2 33.0 6.6 12045.0 2409.0 8475.9 10884.9 68637.8 11439.6 14871.5
45 disp 8 5374.7 0.5 2502.6 913.5 6472.7 34.0 6.8 12410.0 2482.0 8783.2 11265.2 79903.1 13317.2 17312.3
46 disp 9 5514.5 0.5 2593.4 946.6 7419.2 35.0 7.0 12775.0 2555.0 9101.7 11655.7 91559.8 15260.0 19838.0
47 disp 10 5657.8 0.5 2687.4 980.9 8400.1 36.0 7.2 13140.0 2628.0 9431.7 12059.7 103619.5 17269.9 22450.9
48 disp('-----');
49

```

**Figura 07:** Resultados para vida útil 10 años del relleno sanitario

En la figura 07 se muestran los resultados que obtuvo el software Matlab, el cual realizó un cálculo de la producción per cápita para el primer año, el cual fue 0,43 kg/hab.día. Luego se ingresó la tasa de crecimiento para el primer año de 0,400 kg/hab.día anual de la producción per cápita, se presionó Enter y muestra los resultados, tal como se calculó en la hoja de cálculo.

Por último, se observa el cálculo realizado en el software en m<sup>2</sup> para el relleno sanitario el cual fue de 22450.9 (2,24 hectáreas). el cual es inferior a lo obtenido por Moreno (2019), en su estudio titulado “Modelamiento y Simulación del Diseño de un Relleno Sanitario Semi-mecanizado”, concluyendo que el cálculo del área para el relleno sanitario manual es de 63641 m<sup>2</sup> (6,3641 hectáreas).

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se caracterizó los residuos sólidos domiciliarios como generación per cápita, composición física, densidad, humedad y se utilizó la herramienta Matlab con la cual se realizó la simulación de modelado ambiental de relleno sanitario manual. Respecto al cálculo, se obtuvo un área de 2,24 hectáreas proyectada para 10 años de vida útil. para el distrito de Atuncolla.

**SEGUNDA.** Realizada la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla, se obtuvo una generación per cápita de 0.43 kg/hab/día, así como una densidad de 103.8 kg/m<sup>3</sup>, una humedad relativamente alta con el 50.72% y, entre la composición física, una predominancia de los residuos orgánicos con un 46.3%, bolsas de plástico con un 10.96% y residuos sanitarios con un 7.3%. Dichos resultados permiten aseverar el aprovechamiento de los residuos recuperables, especialmente los orgánicos, para reducir la cantidad y densidad de los residuos para su disposición final.

**TERCERA:** El cálculo de un programa codificado mediante el software MATLAB permitió realizar la simulación del modelo ambiental del relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla, obteniendo los cálculos matemáticos como un área de 1878.5 m<sup>2</sup> (1,88 *hectáreas*) para el primer año y 22450.9 m<sup>2</sup> (2,24 *hectáreas*) para un periodo de vida útil de 10 años, obtenida en base a la población, generación y volumen de residuos diario y anual inicial proyectada progresivamente hasta el décimo año, calculado mediante el software Matlab R2014a.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A la Municipalidad Distrital de Atuncolla, tomar en consideración los resultados del presente estudio, los mismos que servirán para realizar un manejo ambiental al contar con un relleno sanitario adecuado para la disposición final de los residuos sólidos del distrito de Atuncolla.

**SEGUNDA:** A la Municipalidad del distrito de Atuncolla, tomar en cuenta los resultados de la caracterización de residuos sólidos de este estudio con la finalidad de identificar el tipo y volumen de residuos recuperables para su aprovechamiento, considerando los principios de la economía circular.

**TERCERA:** A la población del distrito de Atuncolla, participar en las campañas de sensibilización en la población, para mejorar el manejo de los residuos sólidos desde el nivel domiciliario, a fin de minimizar la cantidad de residuos para la disposición final, prolongando la vida útil del lugar de disposición final.

## BIBLIOGRAFÍA

- Añasco, R., & Sánchez, M. (2022). *Automatización de un modelo mediante análisis multicriterio como alternativa para identificar áreas óptimas de un relleno sanitario caso Provincia Azángaro, 2022* [PhD Thesis, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111937>
- Asqui, C., & Serrano, C. (2022). *Co-Compostaje De Residuos Florícolas Del Mercado De Flores De La Ciudad De Ambato Con Residuos Orgánicos Provenientes Del Mercado La Condamine De La Ciudad De Riobamba Trabajo* [Phd Thesis, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17650/1/236T0638.pdf>
- Atencio, F. (2023). *Caracterización de residuos sólidos del mercado Unión y Dignidad—Puno—2023. Universidad Privada San Carlos.* <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/507>
- Bonifacio, E. (2023). *Diseño de un relleno sanitario para el aislamiento y confinamiento de los residuos sólidos municipales para el distrito de Huacullani, 2022.* Universidad Privada San Carlos de Puno.
- Chambilla, Z. (2024). *Caracterización de residuos sólidos no municipales para la gestión integral de residuos sólidos en el proyecto minero Baltimori Sur—Distrito de Cuyocuyo—2023. Universidad Privada San Carlos.* <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/820>
- CEPIS. *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos, SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental.*
- Disponible en:  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/procedimientos-estadisticos-estudios-caracterizacion-residuos-solidos>
- Cruz, N. (2022). *Evaluación Del Lixiviado Del Relleno Sanitario De Puno Y Sus Efectos En La Salud De La Población De La Comunidad De Itapalluni, Distrito De Puno - 2022* (Vol. 1) [PhD Thesis, Universidad Privada San Carlos-Puno].

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4547>

Cruz, X. (2022). *Diseño De Un Relleno Sanitario Con Captura De Biogás Para El Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Municipales En El Distrito La Coipa - Cajamarca* [Phd Thesis, Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo]. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4978/1/TL\\_CruzCabreraXimena.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4978/1/TL_CruzCabreraXimena.pdf)

Chullunquia, R. (2024). Caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito de San Miguel—Provincia de San Román—Puno—2024. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/924>

Esquivel, L. (2023). Estudio de caracterización de residuos sólidos Municipales del Distrito de San Pedro Provincia de Canchis-Cusco 2022. *Universidad Privada San Carlos*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/489>

Flores, A., & Cubas, S. (2020). *Diseño de un Relleno Sanitario manual en el distrito de Jepelacio, San Martín* [PhD Thesis]. [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3370/Alberto\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3370/Alberto_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Decreto legislativo No 1278 Ley de gestión de Residuos Sólidos

Godoy, C. (2020). Caracterización y manejo de residuos sólidos domiciliarios en la municipalidad distrital de Paucarcolla, Puno 2019. Universidad privada San Carlos. Disponible en: <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC%20S.A.C./231>

Guevara, B. (2021). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario en el distrito de Chambará* [PhD Thesis, Universidad Continental]. [http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10243/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Guevara\\_Vilchez\\_2021.pdf](http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10243/1/IV_FIN_107_TE_Guevara_Vilchez_2021.pdf)

Hernández, L. (2019). Caracterización de los Residuos Sólidos domiciliarios y su disposición final en el distrito de Amantani - Puno. Universidad privada San Carlos; Puno.

- Loyaga, F. (2019). *Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando sistema de información geográfica en el distrito Las Pirias—Provincia de Jaén* [PhD Thesis, Universidad Nacional de Jaén].  
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/149>
- Jaramillo, J. (2003). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Disponible en:  
<https://estrucplan.com.ar/efectos-de-la-inadecuada-gestion-de-residuos-solidos>
- Martínez, F. (2024). Propuesta de plan manejo de residuos sólidos domiciliarios en la municipalidad distrital de Plateria – Puno, 2023, . Disponible en:  
<https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/692>
- Mamani, V., & Calla, J. (2020). *Identificación de áreas potenciales para la instalación del relleno sanitario aplicando sistemas de información geográfica, en el distrito de Huayrapata, Provincia de Moho, Puno-2020* [PhD Thesis, Universidad Peruana Unión].  
[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3760/Vanessa\\_Tra\\_bajo\\_Bachiller\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3760/Vanessa_Tra_bajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendieta, M., & Mendoza, Rosmery. (2019). *Caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario manual en el distrito de Pachia-Tacna* [PhD Thesis]. Universidad Privada de Tacna.
- Mendoza, F. (2024). Caracterización de residuos sólidos municipales en el Centro Poblado de Salcedo Puno 2023. *Universidad Privada San Carlos*.  
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1023>
- Mexiko. (2001). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales.
- Ministerio del Ambiente. (2008), Informe Anual de Gestión de Residuos Sólidos; 2008.  
recuperado de:  
<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/154.pdf>
- Moreno, W. (2019). “Modelamiento y Simulación del Diseño de un Relleno Sanitario Semi-mecanizado” “Universidad Alas Peruanas”

[https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1721/Tesis\\_Diseño\\_Relleno\\_Sanitario.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1721/Tesis_Diseño_Relleno_Sanitario.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Olarte, M. (2022). *Gestión De Residuos Sólidos Y Su Incidencia En Los Gases De Efecto Invernadero En Los Distritos De Tacna, 2022* [Phd Thesis, Universidad Privada De Tacna].

<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2676/Olarte-Mamamni-Mauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Poveda, W. (2020). *Modelo De Flujo Para Determinar El Comportamiento De Los Lixiviados Y Gases Generados En El Relleno Sanitario Parque Ecoindustrial Miramar.* [Phd Thesis, Universidad De Costa Rica Sistema].

[https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/88479/Modelo de flujo en relleno sanitario de Miramar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/88479/Modelo_de_flujo_en_relleno_sanitario_de_Miramar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rojas, L. (2023). *Recicladores en Colombia y por el Mundo* [PhD Thesis, Fundación Universitaria Los Libertadores Facultad].

[https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/6073/Rojas\\_Laura\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/6073/Rojas_Laura_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rondon, E. Szantó, M. Pacheco, J, Contreras, E. Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*

obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a5f80abc-8063-4e19-b871-e954f1db5bf6/content>

Ruiz, S. (2020). *Diseño de un Relleno Sanitario Manual para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Distrito Tintay, Apurímac, 2021* [PhD Thesis, Universidad César Vallejo].

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88973/Ruiz\\_BS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88973/Ruiz_BS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sota, S. (2021). *Efecto del diseño de un relleno sanitario en la percepción de disposición de residuos de los pobladores de Chincha Alta – Ica* [PhD Thesis, Universidad

César Vallejo].  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71578/Sota\\_ISM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71578/Sota_ISM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid [etc.]: McGraw-Hill; 1994.

Terrazas, A. (2023). *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la zona urbana de la ciudad de Puno—2022*. Universidad Privada San Carlos de Puno.

Torres, R. (2022). *Caracterización De Residuos Sólidos Domiciliarios En La Municipalidad Distrital De Atuncolla Puno - 2021* [PhD Thesis, Universidad Privada San Carlos-Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./219>

Vargas, T. (2008). *Basura Cero: Una alternativa sustentable*. Pag, 12.

Vásquez, U. (2019). *Modelo De Gestión De Riesgos Laborales En El Área Del Relleno Sanitario Del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Pastaza*. [PhD Thesis].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10094/1/20T01168.pdf>

Mathworks (1984), [products/matlab.html](https://la.mathworks.com/products/matlab.html) disponible en:  
<https://la.mathworks.com/products/matlab.html>

## ANEXOS

**Anexo 01:** Matriz de consistencia: caracterización de residuos sólidos domiciliarios y modelado ambiental de relleno sanitario manual utilizando Matlab para el distrito de Atuncolla

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>GENERAL:</b> ¿Cómo la caracterización de residuos sólidos domiciliarios permite realizar un modelado ambiental de relleno sanitario manual utilizando matlab para el distrito de Atuncolla. 2024?</p> <p><b>ESPECÍFICO:</b> ¿Cuál es la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla?</p>	<p><b>GENERAL:</b> Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla para realizar un cálculo de modelado ambiental de relleno sanitario manual, utilizando la herramienta MATLAB, 2024</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b> Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla.</p> <p>Calcular un programa Codificado en MATLAB para realizar la simulación del modelo ambiental de un relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla..</p>	<p><b>GENERAL:</b> La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla facilita la realización de un modelado ambiental de relleno sanitario manual, utilizando la herramienta MATLAB, 2024.</p> <p><b>ESPECÍFICA:</b> La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios generados en el distrito de Atuncolla ofrece una base fundamental para el modelamiento de un relleno sanitario.</p> <p>La herramienta Matlab permite realizar un modelado ambiental de relleno sanitario manual para el distrito de Atuncolla.</p>	<p><b>Variable independiente</b> Caracterización de residuos sólidos domiciliarios</p> <p><b>Variable dependiente</b> Modelamiento de relleno sanitario manual</p>	<p>Cantidad, Densidad, Composición y Humedad de los residuos sólidos en un determinado Volumen de material de cobertura Volumen del relleno sanitario Área del relleno sanitario</p>	<p>Peso. Volumen Densidad Humedad Composición Física GPC</p> <p>m<sup>3</sup> /día, m<sup>3</sup> /año m<sup>3</sup> m<sup>3</sup> /año, m<sup>3</sup> 4 m<sup>2</sup></p>	<p>Método Tipo Aplicada Modelamiento Fórmulas de acuerdo a la guía metodológica propuesta por el Ministerio del Ambiente (MINAM)</p>

## Anexo 02: Panel fotográfico



Figura 08: Empadronamiento a las personas participantes en el estudio



Figura 09: Recolección de de residuos comerciales



**Figura 10:** Movilidad utilizada para la recolección de muestras



**Figura 11:** Lugar donde se realizó el pesaje, clasificación y densidad de los residuos



Figura 12: Pesaje de muestras de residuos



Figura 13: Recipiente utilizado para determinar densidad



**Figura 14:** Inicio de la segregación - Separación de residuos sólidos por el tipo de residuo



**Figura 15:** Lugar de disposición final de los residuo sólidos caracterizados



**Figura 16:** Propuesta de lugar para el relleno sanitario del distrito de Atuncolla

**Anexo 03:** Humedad de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES**



**RESULTADOS DE ANÁLISIS**

ASUNTO : Humedad y Materia Seca (residuos mezclados)  
 INTERESADO : Maykel Gutierrez Ccapa  
 PROCEDENCIA : Distrito Atuncolla  
 MOTIVO : Ensayo Físico de Residuos Sólidos (Tesis)  
 MUESTREO : 01 de octubre del 2024  
 RECEPCIÓN : 15 de octubre del 2024

Clave Campo	Humedad %	Materia Seca %
M-1	50.72	49.28

Puno C.U., 20 de octubre del 2024



Dr. Pablo A. Beltrán Barriga  
 JEFE DEL LAB. PASTOS Y FORRAJES  
 EPFA-FCA-UNA-PUNO

Analista Ticona Cruz  
 ANALISTA DE LABORATORIO  
 F.C.A. UNA - PUNO

### Anexo 04: Resultados para vida útil 10 años del relleno sanitario

Año	Población (hab)	PPC Kg/hab/día	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS			VOLUMEN DE DESECHOS SÓLIDOS							ÁREA REQUERIDA	
			Diaria kg/día	Anual Ton	Acumulado Ton/año	Diario m <sup>3</sup>	mc m <sup>3</sup> /día	Compactos		Estabilizados anual m <sup>3</sup>	Relleno sanitario		Relleno sanitario m <sup>2</sup>	A total m <sup>2</sup>
								Anual m <sup>3</sup>	m.c.m <sup>3</sup> /año		(DS+m.c.) Anual m <sup>3</sup>	Acumulado m <sup>3</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	4377.0	0.4	1882.1	687.0	0.0	26.0	0.0	9490.0	0.0	6605.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4490.8	0.4	1950.4	711.9	711.9	27.0	5.0	9855.0	1825.0	6845.0	8670.0	1445.0	1878.5	
2	4607.6	0.4	2021.1	737.7	1449.6	28.0	5.6	10220.0	2044.0	7093.2	9137.2	2967.9	3858.2	
3	4727.4	0.4	2094.4	764.4	2214.0	29.0	5.8	10585.0	2117.0	7350.4	9467.4	4545.8	5909.5	
4	4850.3	0.4	2170.3	792.2	3006.2	30.0	6.0	10950.0	2190.0	7616.9	9806.9	6180.3	8034.3	
5	4976.4	0.5	2249.0	820.9	3827.1	31.0	6.2	11315.0	2263.0	7893.1	10156.1	7872.9	10234.8	
6	5105.8	0.5	2330.5	850.6	4677.7	32.0	6.4	11680.0	2336.0	8179.3	10515.3	9625.5	12513.1	
7	5238.5	0.5	2415.1	881.5	5559.2	33.0	6.6	12045.0	2409.0	8475.9	10884.9	11439.6	14871.5	
8	5374.7	0.5	2502.6	913.5	6472.7	34.0	6.8	12410.0	2482.0	8783.2	11265.2	13317.2	17312.3	
9	5514.5	0.5	2593.4	946.6	7419.2	35.0	7.0	12775.0	2555.0	9101.7	11656.7	15260.0	19838.0	
10	5657.8	0.5	2687.4	980.9	8400.1	36.0	7.2	13140.0	2628.0	9431.7	12059.7	17269.9	22450.9	

## Anexo 05: Código para el cálculo de un relleno sanitario - adquirido desde fundamentos de programación en Matlab.

```
classdef RellenoSanitario
    properties
        CapacidadMaxima % Capacidad máxima del relleno en toneladas
        CapacidadActual % Capacidad actual del relleno en toneladas
    end
    methods
        function obj = RellenoSanitario(capacidad)
            obj.CapacidadMaxima = capacidad;
            obj.CapacidadActual = 0;
        end

        function obj = agregarResiduo(obj, cantidad)
            if (obj.CapacidadActual + cantidad) <= obj.CapacidadMaxima
                obj.CapacidadActual = obj.CapacidadActual + cantidad;
                disp(['Se agregaron ', num2str(cantidad), ' toneladas de residuo.']);
            else
                disp('No hay suficiente espacio en el relleno sanitario para esta cantidad de residuos.');
```

% Uso del código:

```
relleno = RellenoSanitario(1000); % Creamos un relleno sanitario con capacidad de 1000 toneladas
relleno = relleno.agregarResiduo(500); % Agregamos 500 toneladas de residuo
relleno.capacidadRestante(); % Mostramos la capacidad restante
```