



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Diagnóstico de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el Cantón  
Guano

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

Diego Alexander Agila Jiménez

**Tutor:**

MsC. Marcel Paredes

Riobamba, Ecuador. 2024

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Diego Alexander Agila Jiménez, con cédula de ciudadanía No. 110555583-1, autor del trabajo de investigación titulado: Diagnostico de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el cantón Guano, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 02 de mayo de 2024.



Diego Alexander Agila Jiménez  
CI: 1105555831

## DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. Marco Marcel Paredes Herrera catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería carrera de Ingeniería Ambiental, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “Diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el cantón Guano”, bajo la autoría de Diego Alexander Agila Jiménez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 17 días del mes de abril de 2024



Ing. Marco Marcel Paredes Herrera MSc

C.I:0603783184

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Diagnostico de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el cantón Guano, presentado por Diego Alexander Agila Jiménez, con cédula de identidad número 1105555831, bajo la tutoría MsC. Marco Marcel Paredes Herrera; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor, no teniendo más nada que observar.

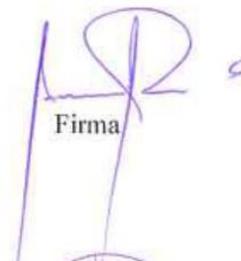
De conformidad a la normativa firmamos, en Riobamba el 02 de mayo del 2022.

Presidente del tribunal de Grado  
Msc. Patricio Santillán



Firma

Miembro del tribunal de Grado  
PhD Iván Ríos



Firma

Miembro del tribunal de Grado  
Mgs. Carla Silva



Firma



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

UNACH-RGF-01-04-08.17

VERSIÓN 01: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **AGILA JIMÉNEZ DIEGO ALEXANDER** con CC: **1105555831**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de INGENIERÍA; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL CANTÓN GUANO", cumple con el 7%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 23 de abril de 2024



Firmado electrónicamente por:  
MARCO MARCEL  
PAREDES HERRERA

Mgs. Marcel Paredes  
**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado:

A Dios el cual me dio la disciplina para culminar la carrera, a mis tías Zoila principalmente a mi tía Rosarito, quien fue el motor principal en ayudarme en cumplir una meta más, mediante su apoyo y por qué siempre estaba pendiente de mí.

A mi madre Carmen quien me dio la vida. A mis hermanos por ayudarme en momentos de necesidad.

A mi abuelito Ignacio que desde el cielo siempre nos bendice.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mis tías, hermanos, quienes siempre fueron un guía en el proceso, por brindarme su apoyo indefinido en todo momento.

De igual manera agradezco al Ingeniero Marcel Paredes, que mediante su conocimiento, apoyo y colaboración hizo posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

Finalmente agradecer a la Universidad Nacional de Chimborazo, a la carrera de Ingeniería Ambiental y su a sus docentes quienes compartieron su conocimiento y experiencia para el crecimiento como profesional.

## INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA .....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR .....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA .....	
AGRADECIMIENTO .....	
INDICE GENERAL .....	
RESUMEN .....	
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	18
Antecedentes .....	18
Problema .....	19
Justificación .....	20
Objetivos.....	21
General.....	21
Específicos .....	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	22
Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	22
Clasificación de los residuos sólidos .....	22
Residuos sólidos domésticos.....	22
Residuos Industriales .....	23
Residuos Hospitalarios.....	23
Residuos orgánicos .....	24

Residuos Inorgánicos .....	24
Residuos Peligrosos .....	24
Etapas de gestión de residuos sólidos urbanos .....	25
Generación: .....	25
Pre-almacenamiento.....	25
Almacenamiento .....	26
Recolección.....	26
Métodos de recolección .....	26
Método de acera:.....	26
Método de esquina: .....	26
Método de contenedores: .....	27
Transferencia.....	27
Tratamiento y valorización .....	27
Disposición final .....	27
Caracterización de residuos sólidos .....	28
Sistemas de Información Geográfica .....	28
Marco Legislativo .....	28
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
Área de Estudio.....	30
Analizar información primaria y secundaria del modelo de gestión de residuos sólidos del cantón Guano .....	31
Recopilación de información .....	31
Cuantificar los residuos sólidos del cantón Guano .....	32

Cálculo del tamaño de la muestra para la caracterización de residuos sólidos en la cabecera cantonal del cantón Guano.....	32
Determinación de la generación per cápita.....	36
Determinación física de los RSU.....	39
Determinación de la Densidad.....	41
Identificar el modelo de recolección de residuos sólidos.....	42
Examinar el modelo de disposición final de residuos sólidos.....	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
Análisis de información primaria y secundaria del modelo de gestión de residuos sólidos del cantón Guano.....	43
Localización del cantón Guano.....	43
Uso y ocupación del suelo urbano.....	45
Población del Cantón Guano.....	45
Gestión de residuos sólidos en el Cantón Guano.....	47
Sistema de almacenamiento.....	47
Recolección y transporte de residuos sólidos.....	48
Horarios de recolección de residuos sólidos en el cantón Guano.....	48
Disposición Final.....	49
Situación Actual del manejo de Residuos sólidos.....	51
Cálculo de la muestra.....	51
Residuos sólidos urbanos diarios producidos en la cabecera cantonal del cantón Guano.....	53
Composición física de residuos sólidos.....	54

Densidad de los residuos sólidos .....	57
Identificar el modelo de recolección de residuos sólidos .....	59
Modelo de recolección en la cabecera cantonal del cantón Guano.....	60
Rutas de recolección .....	61
Examinar el modelo de disposición final de residuos sólidos .....	63
Aspectos geológicos generales del sitio de disposición final .....	63
Infraestructura .....	65
Geomembrana .....	66
Chimeneas.....	67
Registro de Llegada de Camiones a la celda .....	68
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
Conclusiones .....	69
Recomendaciones .....	71
BIBLIOGRAFÍA .....	71
ANEXOS .....	77
Recorrido por las rutas de recolección.....	77
Caracterización de RSU .....	78
Cálculo de la Generación per cápita .....	80

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Valores de media (x) y la desviación estándar (s) de entresemana de muestreo para determinar la composición de los componentes de los RSU. ....	34
--	----

<b>Tabla 2</b> Valores de t estadística (t*) como una función del número de muestras e intervalo de confianza.....	34
<b>Tabla 3</b> Tabla para el registro de datos .....	37
<b>Tabla 4</b> Descripción de categorías de componentes de residuos .....	40
<b>Tabla 5</b> Parroquias Urbanas y rurales del cantón Guano .....	45
<b>Tabla 6</b> Proyección de población por grupos de edad del cantón Guano .....	46
<b>Tabla 7</b> Tipos de recipientes domiciliarios.....	47
<b>Tabla 8</b> Equipo de recolección y Transporte .....	48
<b>Tabla 9</b> Horario de recolección.....	49
<b>Tabla 10</b> Coordenadas del sitio de disposición final.....	50
<b>Tabla 11</b> Valores totales de la composición física de RSU .....	54
<b>Tabla 12</b> Densidad diaria de RSU.....	58
<b>Tabla 13</b> Equipo de recolección y Transporte actual.....	60
<b>Tabla 14</b> Horario de recolección actual de RSU.....	61
<b>Tabla 15</b> Viviendas con acceso al servicio de recolección de RSU en la ciudad de Guano .....	63
<b>Tabla 16</b> Número de descargas de RSU.....	69



## INDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1</b> Mapa de Zona de Estudio.....	31
<b>Ilustración 2</b> Método de cuarteo.....	39
<b>Ilustración 3</b> Cantón Guano.....	44
<b>Ilustración 4</b> Mapa de Sitio de Disposición Final .....	51
<b>Ilustración 5</b> Generación per cápita de RSU en la cabecera cantonal de Guano.....	53
<b>Ilustración 6</b> Composición física de RSU .....	56
<b>Ilustración 7</b> Densidad diaria de RSU en la ciudad de Guano .....	59
<b>Ilustración 8</b> Mapa de rutas de recolección de RSU .....	62
<b>Ilustración 9</b> Celda Emergente - Valparaíso.....	64
<b>Ilustración 10</b> Mapa del sitio de disposición final.....	66
<b>Ilustración 11</b> Fisuras en la Geomembrana .....	67
<b>Ilustración 12</b> Chimeneas cubiertas con tierra y residuos sólidos.....	68

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Número de muestras.....	33
Ecuación 2. Generación Per cápita diaria .....	38
Ecuación 3. Generación total .....	38
Ecuación 4. Cálculo de porcentaje.....	41
Ecuación 5. Densidad.....	42

## RESUMEN

El desarrollo de la sociedad en lo tecnológico, industrial, comercial y el crecimiento poblacional produce un aumento en la generación de residuos sólidos. Esta problemática es un desafío para los países en desarrollo, debido a la ausencia de proyectos de mejora a largo plazo para el manejo de residuos sólidos y la ausencia de información abierta con relación a los residuos sólidos urbanos. El objetivo de la investigación fue realizar un diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el cantón Guano, de forma inicial se realizó un análisis de la información primaria y secundaria para determinar las fases de gestión de residuos sólidos que posee el cantón Guano. Se aplicó el método de cuarteo para la determinar de la composición física de RSU, obtener la generación per cápita, densidad y volumen de los residuos de la ciudad de Guano. Así mismo, mediante visitas de campo, se determinó el modelo de recolección de RSU de la ciudad de Guano y la situación actual de las celdas emergentes destinadas para la disposición de RSU. La recolección de residuos sólidos urbanos en la cabecera cantonal del cantón Guano es de 6 días a la semana, el modelo de recolección es de acera, con una cobertura de 86%, la generación per cápita es de 0,926 kg/hab/día, una densidad de 231,86 kg/m<sup>3</sup>, la composición física de residuos sólidos urbanos el 54,86% corresponde a orgánicos, el 16% corresponde a plásticos, y el 12% a rechazos. El área destinada para la disposición de los residuos está a 6,50 km con relación a la zona urbana, presenta ciertas limitaciones como el no recubrimiento diario de residuos sólidos.

**Palabras Clave:** Residuos sólidos, Generación per cápita, Gestión, Celda Emergente.

## ABSTRACT

The development of society, marked by technological advancements, industrial expansion, commercial activities, and population growth, has led to a significant increase in the generation of solid waste. This surge poses a formidable challenge for developing countries, primarily due to the absence of comprehensive, long-term strategies for solid waste management and a dearth of transparent information regarding urban solid waste.

This research aims to conduct a comprehensive diagnosis of urban solid waste management in the Guano canton. Initially, a meticulous analysis of both primary and secondary data was undertaken to delineate the various phases of solid waste management in the canton. The quartering method was subsequently employed to ascertain the physical composition of Municipal Solid Waste (MSW), enabling the determination of per capita generation, density, and volume of waste in Guano City. Additionally, through field visits, the study investigated the MSW collection model operational in Guano, along with the present status of emergent cells designated for MSW disposal.

Urban solid waste collection in the Guano canton occurs six days a week, following a curbside collection model that covers 86% of the area. The per capita generation stands at 0.926 kg/person/day, with a density of 231.86 kg/m<sup>3</sup>. The physical composition analysis reveals that organic waste accounts for 54.86%, plastics for 16%, and rejects for 12% of urban solid waste. The designated waste disposal area is situated 6.50 km away from the urban core, albeit it faces certain limitations, notably the lack of daily solid waste coverage.

**Keywords:** Solid Urban Waste, Per capita generation, Management, Emergent Cell.



Reviewed by:  
Dra. Nelly Moreano  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 1801807288

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

El crecimiento industrial y productivo es un factor primordial para el avance de nuestra sociedad. Sin embargo, el incremento poblacional produce un aumento significativo en la generación diaria de residuos sólidos urbanos (León et al., 2020). Lograr una adecuada gestión de los residuos sólidos en grandes ciudades demanda un mayor manejo de los desechos para no generar mayor impacto en la atmosfera, suelo o agua. La gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) es un servicio esencial para que las poblaciones urbanas mantengan la higiene. La gestión de los RSU es compleja porque las opciones de tratamiento y recuperación dependen no solo del volumen de residuos, sino también de las condiciones socioeconómicas de la población. El interés en las prácticas de separación y reciclaje es bajo en los países de América Latina y el Caribe (ALC). Además, cuestiones como la mala planificación financiera dificultan la sostenibilidad del servicio. En ALC los centros urbanos alberga a más del 80% de la población, el crecimiento poblacional y el cambio climático son factores que contribuye que la gestión de residuos sólidos sean más complejos (Hettiarachchi et al., 2018). América Latina opta por políticas y promulga el cumplimiento de la normativa que llevan a la prohibición de botaderos a cielo abierto, para el tratamiento de estos desechos en su mayoría disponen de rellenos sanitarios (Sánchez et al., 2020).

En Ecuador, donde la competencia de los servicios de residuos sólidos urbanos es municipal, últimamente se realizado importantes esfuerzos en la gestión de este tipo de residuos. Sin embargo, la falta de apoyo financiero o del conocimiento técnico necesario dificulta la disposición y/o tratamiento seguro de los residuos, frenando los logros alcanzados en este sector.

Esta situación favorece prácticas inadecuadas de eliminación de RSU, como el vertido en arroyos y ríos, que producen graves problemas de contaminación en las aguas subterráneas y superficiales (Jara et al., 2017) . En Ecuador la disposición final de desechos sólidos se realiza en un 54,5% en relleno sanitario, 28,2% en celdas emergentes y el 17,3 en botaderos a cielo abierto (INEC, 2022).

El cantón Guano para la eliminación de los residuos sólidos, cuenta con un sitio para la disposición final de la basura ubicado en la parroquia Valparaíso, la misma cuenta con 2 celdas emergentes y 1 celda para desechos infecciosos u hospitalarios (GAD Guano, 2021).

Uno de los problemas que enfrentan los municipios del Ecuador, incluido el Cantón Guano, es el manejo de residuos sólidos; la presente investigación está orientada a realizar un diagnóstico con respecto al manejo adecuado de los residuos sólidos en el Cantón Guano, evaluando los diferentes componentes desde la recolección hasta la disposición final de estos.

## **Problema**

Para las autoridades de las ciudades de los países en desarrollo, el manejo de los residuos sólidos son un desafío, debido al incremento en su generación, altos costos asociados a su manejo, la falta de comprensión sobre una diversidad de factores que afectan a las diferentes etapas del manejo de los RSU (Abarca-Guerrero et al., 2015). Las malas prácticas en la disposición final y recolección de los residuos sólidos causa un grave impacto sobre el suelo, el agua, la flora y en especial a la fauna con su principal representante que es el hombre; debido a su acción degradadora de los suelos, que son utilizados en su mayoría en la agricultura, a su gran impacto visual negativo y a las enfermedades que directa o indirectamente pueden provocar en los animales y el hombre (Mendieta et al., 2020).

En Ecuador el aumento de la generación de RSU es un limitante para su gestión por la necesidad de una elevada inversión económica, y representa una preocupación social y medioambiental. Actualmente los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) hacen el esfuerzo de desarrollar e implementar diferentes mecanismos para ejecutar una gestión diferenciada(Chicaiza et al., 2020).

En el cantón Guano el 26,4% de su población cuenta con el servicio de recolección de basura y un 73,6% no tiene acceso a este servicio, si bien en la actualidad se incrementa la cobertura de recolección de basura, aun no es lo suficiente para solventar estas necesidades (GAD Guano, 2021). La falta de un sistema de gestión de RSU, la ausencia de planes y proyectos de mejora hace que el manejo de los RSU sea más complejo, esta situación se complica en diferentes zonas del territorio ecuatoriano incluido el cantón Guano, no se dispone de sistemas adecuados de recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Los datos relacionados a la gestión de los RSU en países en desarrollo es difícil y las fuentes de datos abiertas son limitadas (Kawai & Tasaki, 2016). Es por ello por lo que es necesario efectuar una evaluación de la situación actual de la gestión de residuos sólidos, para identificar y analizar la magnitud del problema de gestión de los residuos sólidos en el cantón Guano.

## **Justificación**

El constante aumento de población cada vez mayor genera grandes cantidades de residuos sólidos de manera exponencial, lo que dificulta su recolección y eliminación. La ineficiencia en el manejo de los residuos conlleva problemas de salud pública, afectaciones al suelo, aire y agua (Sáez & Urdaneta, 2014) . Es necesario contar con un plan que solucione esta problemática que cada día se agrava más en la sociedad, para ello se debe contar con tecnologías alternativas, la

participación de la comunidad y educación ambiental, son puntos claves para un adecuado manejo de desechos urbanos. La buena gestión de residuos sólidos conlleva beneficios en las áreas del medio ambiente, y a la sociedad, en esta última trae consigo el ahorro de recursos económicos y humanos sin minimizar la eficiencia en la recolección de desechos sólidos generados. De manera, que el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de realizar un diagnóstico, que permita evaluar la situación actual del manejo de residuos sólidos urbanos desde la fase de recolección hasta la fase disposición final del cantón Guano. Así mismo, con la información obtenida ayudará a mejorar la gestión de los RSU por parte de las autoridades competentes.

## **Objetivos**

### ***General***

- Realizar un diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el cantón Guano

### ***Específicos***

- Analizar información primaria y secundaria del modelo de gestión de residuos sólidos del cantón Guano.
- Cuantificar los residuos sólidos del cantón Guano
- Identificar el modelo de recolección de residuos sólidos
- Examinar el modelo de disposición final de residuos sólidos

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**

Los residuos sólidos urbanos se conceptualizan como residuos gestionados por o para los municipios como un servicio público. Los residuos sólidos son el subproducto de actividades domésticas y comerciales realizadas por el hombre. El aumento de la población mundial en áreas urbanas trae consigo el aumento en la generación de residuos sólidos (Kawai & Tasaki, 2016).

Los desafíos actuales en la estimación de la generación de RSU en países en desarrollo, incluido la falta de equipos, tasas de eficiencia de recolección de RSU y migración rural- urbana, pueden tener efectos negativos en la confiabilidad de datos. Los sistemas incompletos de compilación de datos a nivel nacional con relación a la generación de los RSU trae como consecuencia ejecutar estrategias y planes erróneas para el mejoramiento de la gestión de los residuos sólidos (Kawai & Tasaki, 2016).

### **Clasificación de los residuos sólidos**

Clasificación de los residuos sólidos urbanos según su origen:

#### ***Residuos sólidos domésticos***

Son residuos generados en los hogares, son considerados como reciclables entre un 70% y 80% como máximo (Moh & Abd Manaf, 2014). El principal componente es orgánico (restos de alimentos, frutas y plantas) para el aprovechamiento es convertido a biogás por fermentación anaeróbica o por incineración para generar energía útil. El manejo de los residuos

sólidos domiciliarios presenta desafíos, y a la vez, oportunidades para los países en desarrollo (Quillos Ruiz et al., 2018).

### ***Residuos Industriales***

Son aquellos que se generan en procesos industriales y que no tienen valor como mercancía, porque las técnicas que se aplica para que este tipo de residuos vuelvan a tener un valor son caras y económicamente poco rentables. Sin embargo, existen residuos que pueden presentar un valor económico, bien como material reciclable y/o reutilizable o para generar energía. A este tipo se le llama valorizables. Por otro lado, los que no tienen una utilidad o un valor económico y su único destino es la disposición final son considerados como desechos. Los residuos industriales, se clasifican según la potencialidad de impacto con relación al medio ambiente; residuos peligrosos, inertes, asimilables a urbanos y residuos no peligrosos (Lobo, 2017).

### ***Residuos Hospitalarios***

Los residuos hospitalarios son sustancias peligrosas en estado líquido, sólido o gaseoso generados en hospitales, clínicas o instituciones relacionados a la atención médica (Hernández, 2016). La gestión de los residuos hospitalarios en países en desarrollo enfrenta desafíos, debido a la falta de capacitación del personal del hospital, los operadores sanitarios operan sin la provisión de equipo de seguridad. Los desechos no segregados se reciclan incorrectamente, lo que genera más riesgo a la salud humana (Ali et al., 2017).

Clasificación de los RSU según su composición:

### ***Residuos orgánicos***

Los residuos orgánicos son aquellos materiales residuales que alguna vez estuvieron vivos, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles. Dentro de ellos se encuentran los putrescibles, que son residuos que provienen de la producción o utilización de materiales naturales sin una transformación significativa y mantienen un alto grado de biodegradabilidad debido a su contenido de humedad. Ejemplos de residuos putrescibles u orgánicos incluyen residuos de jardín, residuos animales, residuos de comida, heces animales, residuos actividades agropecuarias y agroindustriales, entre otros. La gestión adecuada de estos residuos puede contribuir a reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y promover prácticas más sostenibles (Galvis, 2016).

### ***Residuos Inorgánicos***

Conocidos como residuos no biodegradables, se caracteriza por su lenta descomposición. En su mayoría son de origen natural pero no biodegradables. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos (García et al., 2014).

### ***Residuos Peligrosos***

Son considerados como fuentes de riesgos para el ambiente y la salud humana, generados por actividades industriales, de servicios y actividades domésticas, el problema ambiental constituye por su aumento en volumen como consecuencia del desarrollo urbano y económico. Además, su problemática se asocia a las impurezas de los materiales, tecnologías,

prácticas operacionales ineficaces y la inadecuada disposición final (Ministerio del Ambiente (MAE), 2015).

### **Etapas de gestión de residuos sólidos urbanos**

Primero debemos entender el término de gestión el mismo que ha evolucionado en medida que el hombre ha avanzado en la adquisición de nuevas tecnologías para el mejoramiento de productos y servicios. La gestión de residuos sólidos engloba un conjunto de acciones que se aplica a todas las etapas de ciclo de vida de los residuos sólidos urbanos desde su generación, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y valorización y disposición final (Baptista et al., 2014).

A continuación se describe las etapas que integran el proceso de gestión de RSU (Baptista et al., 2014):

#### ***Generación:***

Es la etapa que inicia el proceso de gestión de los RSU, aquí se origina la producción de los RSU que se deriva de las diferentes actividades de producción y consumo en domicilios e industrias.

#### ***Pre-almacenamiento***

Esta fase se ejecuta la acumulación de forma temporal de los residuos sólidos dentro de los domicilios e industrias hasta su depósito en los contenedores públicos.

## ***Almacenamiento***

En esta fase se acumula temporalmente los RSU en contenedores que se disponen en sitios de acceso para toda la población hasta su recolección y posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

## ***Recolección***

Es la fase relacionada con la con la recogida de los residuos del lugar donde se encuentran almacenados y colocados en vehículos para su transporte hacia los lugares de transferencia, tratamiento, o disposición final.

## **Métodos de recolección**

Los métodos de recolección dependen de la infraestructura y recursos financieros disponibles, densidad y distribución de la población, tipo y cantidad de residuos sólidos y políticas y regulaciones de cada municipio.

### ***Método de acera:***

Este método consiste que el personal operario del vehículo recoja los recipientes o bolsas de polietileno con basura que sobre la acera han sido colocados previamente por los residentes. Este método promueve la separación de los residuos para su posterior reciclaje (Cárdenas-Ferrer et al., 2019).

### ***Método de esquina:***

Es un método utilizado en lugares con limitada acceso para los vehículos recolectores. Es un sistema en el cual los residuos sólidos son colocados en una esquina estratégica, la misma

es seleccionada de acuerdo con la accesibilidad para los camiones recolectores. Este método optimiza el tiempo y costos de recogida (Cárdenas-Ferrer et al., 2019).

### ***Método de contenedores:***

Este método consiste en identificar puntos estratégicos para la ubicación de contenedores comunitarios, en donde los residentes depositan los residuos sólidos, es un método adecuado para realizar el almacenamiento temporal en grandes centros de generación o de difícil acceso para su posterior transporte y su respectiva eliminación (Flores et al., 2008)

### **Transferencia**

En esta etapa consiste en la acción de pasar los residuos sólidos urbanos de los vehículos de recolección a vehículos más grandes, con el objetivo de transportarlos, con un costo menor hacia los sitios de tratamiento/valorización y disposición final.

### **Tratamiento y valorización**

En esta fase los residuos sólidos reciben un tratamiento y/o valorización mediante el cual disminuye su índice de peligrosidad y pasan a tener un valor como nueva materia prima.

### **Disposición final**

Es la última etapa de la gestión de residuos sólidos urbanos, es la de mayor dificultad presenta por la relación con el medio ambiente y la salud humana. Una de las mejores opciones para su disposición final son los rellenos sanitarios, al ser gestionados de la mejor manera sirven como generadores de biogás, elemento para producir energía. La inadecuada disposición

final, favorece a la contaminación del medio ambiente que incrementa la proliferación de agentes transmisores de enfermedades peligrosas.

### **Caracterización de residuos sólidos**

La caracterización de residuos sólidos es un proceso que permite determinar la cantidad, composición y características de los RSU, datos esenciales para la formulación de políticas de gestión de los RSU. Con referente a la composición de los RSU describe diferentes tipos de componentes como: papel, cartón, metal, plásticos etc. La cantidad de los residuos sólidos es en cambio el volumen o el peso de residuos generados en una determinada área. Y las características describe las características físicas y químicas que poseen los residuos generados (Zhu et al., 2021).

### **Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son un sistema que integra herramientas informáticas, personas e información geográfica, capaces de capturar, guardar, recuperar y analizar información georreferenciada, utilizados para la resolución de problemas territoriales y medioambientales. Los SIG son herramientas dirigidas a la solución de problemas de temáticas diferentes como la planificación territorial, la gestión de riesgos naturales o utilizados para la elaboración de modelos de gestión de residuos sólidos (Santos, 2020).

### **Marco Legislativo**

La Constitución de la República del Ecuador en el artículo 14, establece que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

Se reconoce que el medio ambiente es un bien común que debe ser protegido y conservado para las presentes y futuras generaciones (Constitución de la República del Ecuador. 2008). Así mismo, en el artículo 264, indica que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, tienen la competencia exclusiva de brindar servicio de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades relacionadas para la protección de la calidad del entorno natural y la salud humana (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización – COOTAD, artículo 55, dispone la competencia exclusiva a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y otras que disponga la ley” (COOTAD, 2014).

El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente en su artículo 579, manifiesta que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos, prestaran el servicio público para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019).

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente del decreto ejecutivo No.3516, modificado el 23 de noviembre del 2018, en el título VI Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos, y Desechos Peligrosos y/o Especiales, capítulo II, artículo 55 rectifica la competencia que tienen las municipalidades sobre la gestión de residuos sólidos y/o desechos sólidos generados en su área administrativa, desde la fase de generación, almacenamiento, limpieza, recolección, transporte, recolección de materiales reciclables, tratamiento, disposición final, y llevar un monitoreo del sitio de disposición final. Para el cumplimiento de estas actividades,

las municipalidades están autorizadas a expedir ordenanzas que regulen el servicio y fijen tasas para garantizar su sustentabilidad.

### **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

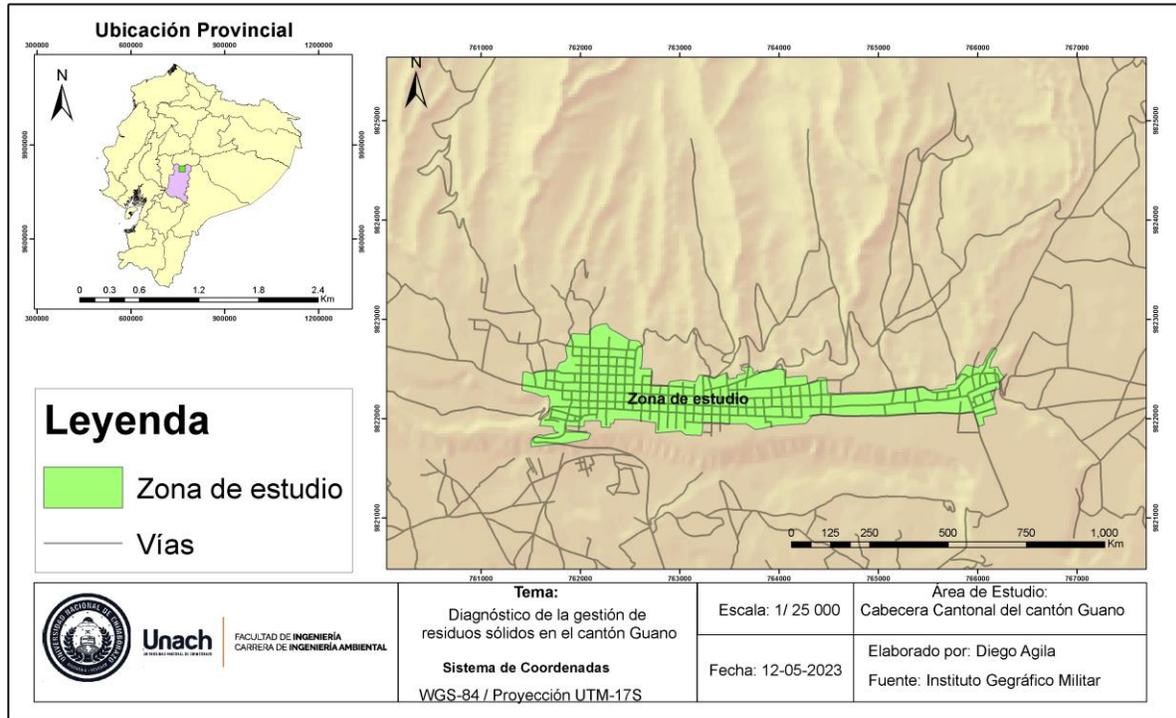
La presente investigación es de tipo diagnóstico experimental; Diagnóstico porque describe los hechos sin manipulación, Experimental porque se cuantificó la generación de residuos sólidos en la zona urbana del Cantón Guano. A continuación, se explica el proceso realizado para el cumplimiento del proyecto propuesto.

#### **Área de Estudio**

El área de estudio se realizó en la zona urbana, perteneciente al cantón Guano, provincia de Chimborazo, ubicado en las coordenadas 1°36'28,4" latitud Sur y 78°37,863' longitud Oeste; con una altitud de 2 720 m.s.n.m. a 8 kilómetros de la ciudad de Riobamba.

## Ilustración 1

### Mapa de Zona de Estudio



## Analizar información primaria y secundaria del modelo de gestión de residuos sólidos del cantón Guano

### Recopilación de información

La información fue adquirida mediante información documentada proporcionada por la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgo del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guano, Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Guano y en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Instituto Geográfico Militar (IGM) y literatura científica. Con el fin de identificar datos como:

- Población y densidad
- Plano urbanístico detallado del municipio
- Red vial de la zona de estudio
- Generación per cápita de los residuos sólidos

### **Cuantificar los residuos sólidos del cantón Guano**

La importancia de estimar la cantidad de residuos sólidos generados es la obtención de datos que se puedan utilizar para desarrollar e implementar programas eficientes de gestión de residuos. En este caso se utilizó el método de estimación indirecto, de modo que permita cuantificar los residuos sólidos con base globales y sin discriminación (Rondon et al., 2016). Para determinar la generación y composición, existen diferentes metodologías de muestreo, por ejemplo, bien a través de la recogida domicilio por domicilio o tomando directamente del camión recolector. Para este estudio se escogió tomar las muestras del camión recolector en la celda emergente de Valparaíso. Para llevar a cabo este objetivo se utilizó la norma ASTM, D5231-92,2016 “Método de Ensayo Estándar para la Determinación de la Composición RSU sin Procesar” y la metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) establecido para países de América Latina y el Caribe.

### ***Cálculo del tamaño de la muestra para la caracterización de residuos sólidos en la cabecera cantonal del cantón Guano***

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó la norma ASTM, D5231-92,2016 “Método de Ensayo Estándar para la Determinación de la Composición RSU sin Procesar”. Esta norma indica el número de muestras necesarias para alcanzar un nivel deseado de precisión es a

base del componente “base “considerado como importante y del nivel de confianza deseado, en un periodo de 5 a 7 días.

Para el número de muestras (n) requeridas para un nivel deseado de precisión es en función de componente base (s) bajo consideración del investigador y el nivel de confianza. La ecuación que determina la muestra (n) es la siguiente:

$$n = (t * s / e * x)^2$$

Ecuación 1. Número de muestras

Donde:

t= t de Student estadística correspondiente al nivel de confianza,

s= estima la desviación estándar,

e= nivel deseado de precisión, y

x= media estimada.

Los valores de x y s para los componentes de los residuos sólidos se indica en la tabla 1.

En la tabla 2 se indica los valores de t en función del número de muestras, para los niveles de 90% y 95% respectivamente.

**Tabla 1**

*Valores de media (x) y la desviación estándar (s) de entresemana de muestreo para determinar la composición de los componentes de los RSU.*

<b>Componente</b>	<b>Desviación estándar(s)</b>	<b>Media(x)</b>
Papel periódico	0,07	0,10
Corrugado	0,06	0,14
Plástico	0,03	0,09
Desechos de jardín	0,14	0,04
Desperdicios de alimentos	0,03	0,10
Madera	0,06	0,06
Otros orgánicos	0,06	0,05
Aluminio	0,004	0,01
Vidrio	0,05	0,08
Otros inorgánicos	0,03	0,06
Total		1,00

Nota: Todos los valores de la media y la desviación son cálculos estimados en datos de campo recolectados durante periodos de muestreo semanales en diversas localidades de Estados Unidos.

Fuente:(ASTM D5231-92, 2016).

**Tabla 2**

*Valores de t estadística (t\*) como una función del número de muestras e intervalo de confianza.*

<b>Número de muestras (n)</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>
2	6,314	12,706
3	2,920	4,303
4	2,353	3,182
5	2,132	2,776
6	2,015	2,571
7	1,943	2,447

---

8	1,895	2,365
9	1,860	2,306
10	1,833	2,262
11	1,812	2,228
12	1,796	2,201
13	1,782	2,179
14	1,771	2,160
15	1,761	2,145
16	1,753	2,131
17	1,746	2,120
18	1,740	2,110
19	1,734	2,101
20	1,729	2,093
21	1,725	2,086
22	1,721	2,080
23	1,717	2,074
24	1,714	2,069
25	1,711	2,064
26	1,708	2,060
27	1,706	2,056
28	1,703	2,052
29	1,701	2,048
30	1,699	2,045
31	1,697	2,042
36	1,690	2,030
41	1,684	2,021
46	1,679	2,014
51	1,676	2,009
61	1,671	2,000
71	1,667	1,994
81	1,664	1,990
91	1,662	1,987
101	1,660	1,984
121	1,658	1,980
141	1,656	1,977
161	1,654	1,975
189	1,653	1,973

---

201	1,653	1,972
$\infty$	1,645	1,960

Fuente: (ASTM D5231- 92, 2016)

El número de muestras, para este estudio se determinó tomando como parámetros de referencia los valores estadísticos de la media y la desviación estándar del subcomponente de restos de comida (Orgánicos), constituye el más representativo, tomando como referencia la norma ASTM D5231-92. El periodo de muestreo fue de 6 días.

La precisión de la muestra se determinó como  $e = 10\%$  y el intervalo de confianza de  $95\%$ . La norma ASTM 5231-92 indica realizar un segundo cálculo, este segundo valor conocido como  $n'$  no debe diferir en más de un  $10\%$  al primer valor calculado conocido como  $n$ . Se escoge el valor más alto como el número de muestras a tomar para nuestro estudio.

### ***Determinación de la generación per cápita***

Una vez calculado el número de muestra representativa, se procede a esperar al camión recolector proveniente de la zona urbana del cantón Guano en la celda emergente de Valparaíso. Las muestras fueron tomadas por 6 días, comenzando el día lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y el día domingo.

Los materiales y equipos empleados fueron: Balanza mecánica capacidad de hasta 20 kg previamente calibrada, guantes, marcadores, estilete, mandil, mascarilla, recipiente plástico de  $0,020 \text{ m}^3$ , escoba, pala y ficha de muestreo, los cuales fueron necesarios para recolectar la información.

Una vez recogido las muestras se procede a pesar diariamente cada funda de RSU y se registró los datos en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Tabla para el registro de datos*

								
<b>Peso de los RSU kg/día – Cabecera Cantonal Guano</b>								
N° Muestras	N° Habitantes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Domingo	Total, kg
		fecha	fecha	fecha	fecha	fecha	fecha	
1								
2								
n								
<b>Total residuos</b>								
<b>Total Personas</b>								
<b>Generación per cápita kg/hab día</b>								

Para el cálculo de la generación per cápita diaria promedio se procedió a partir de la ecuación 2 de (CEPIS/OPS, 2005).

$$Gpc = \frac{Wt}{Nt}$$

Ecuación 2. Generación Per cápita diaria

Donde:

Gpc: Generación per cápita diaria de residuos

Wt: Peso total de residuos

Nt: Número de personas por vivienda

Para determinar la generación total diaria de residuos se aplicó la siguiente ecuación (CEPIS/OPS, 2005).

$$\text{Generación total diaria de residuos} = gpc * Nt \left( \frac{kg}{diaria} \right)$$

Ecuación 3. Generación total

Donde:

GPC: Generación per cápita

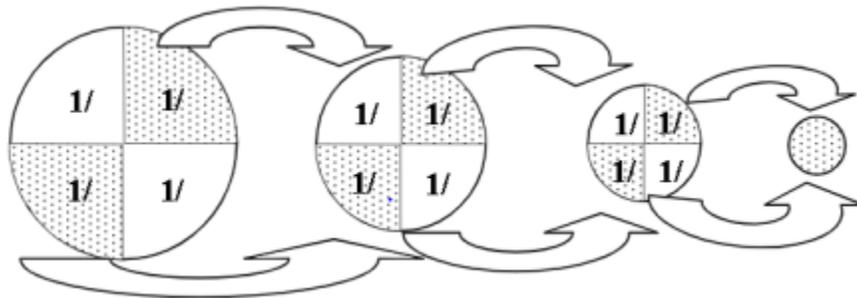
Nt: Número de habitantes del lugar de estudio

## ***Determinación física de los RSU***

Para determinar la composición física de los residuos sólidos urbanos, se empleó el método de cuarteo de (CEPIS/OPS, 2005), la misma que indica que la constitución física consiste en tomar la muestra de un día, colocar los residuos en una zona libre de tierra es decir sobre una área pavimentada o sobre un plástico, luego homogenizar las muestras y seguidamente formar cuatro partes y escoja las partes opuestas para formar un nuevo conjunto de RSU más pequeño, vuelva a mezclar y repita el proceso de dividir en cuatro partes y escoja dos partes opuestas. Este proceso se realiza hasta obtener una muestra de 50 kg de residuos o menor a este. En la ilustración 2 se esquematiza el método del cuarteo.

### **Ilustración 2**

#### *Método de cuarteo*



Fuente: (CEPIS/OPS, 2005)

Del último montón de residuos se clasificó de acuerdo con la norma ASTM 5231-92. En la tabla 4 se describe los residuos sólidos tomados en cuenta para la composición física para la cabecera cantonal del cantón Guano.

**Tabla 4***Descripción de categorías de componentes de residuos*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Papel y cartón	Papel de oficina, papel de computadora, revistas, papel satinado, papel encerado, papel periódico y cartón.
Plástico	Todos los plásticos
Tetrapak	Envases de jugos, leche.
Residuos de jardín	Ramas de desechos de jardín, hojas, hierba y otros materiales vegetales
Residuos de comida	Todos los residuos de comida a excepción de huesos
Madera	Productos de madera, pallets, muebles
Otros orgánicos/ Combustibles	Textiles, caucho, cuero y otros materiales incinerables
Ferrosos	Hierro, acero, latas y latas bimetálicas
Aluminio	Aluminio, latas de aluminio y láminas de aluminio
Vidrio	Todos los vidrios
Peligrosos	Pilas, baterías, medicamentos, jeringuillas
Rechazos	Papel higiénico, pañales, toallas sanitarias
Otros inorgánicos/ No combustibles	Roca, arena, tierra, cerámica, yeso, metales no ferrosos que no sean de aluminio, metales (cobre, latón, etc.) y huesos.
Otros	

Fuente: (ASTM D5231- 92, 2016)

Luego de la clasificación de los componentes se dispone en recipientes pequeños y se pesa cada componente y por diferencia de peso se obtuvo el peso de cada uno de los componentes. Para

el cálculo del porcentaje de cada componente se debe tener en cuenta el peso total de la muestra y el peso de cada uno de los componentes, se aplicó la ecuación 4 (CEPIS/OPS, 2005).

$$PS = \frac{G1}{Gt} * 100$$

Ecuación 4. Cálculo de porcentaje

Donde:

PS: Porcentaje del componente considerado

G1: Peso del componente considerado (kg)

Gt = Peso total de la muestra

### ***Determinación de la Densidad***

Para el cálculo de la densidad de los residuos sólidos se necesitó de un recipiente plástico de 0,020 m<sup>3</sup>, el mismo sirvió para determinar el volumen de los residuos sólidos. Luego se llenó hasta el margen del recipiente con residuos sólidos homogenizados de las partes eliminadas del primer cuarteo, evitando no presionar los residuos, con la finalidad de no alterar la densidad que se pretende determinar. Para hallar el peso neto de los RSU, se pesa el recipiente con los residuos y se resta el valor de la tara del recipiente. Para determinar la densidad se aplicó la ecuación 5 de (CEPIS/OPS, 2005).

$$S = \frac{W (kg)}{V (m^3)}$$

Ecuación 5. Densidad

En donde:

S: Densidad

W: Peso de los residuos sólidos

V: Volumen

### **Identificar el modelo de recolección de residuos sólidos**

Para el identificar del modelo actual de recolección de los residuos sólidos generados en el cantón Guano, se hizo un recorrido por las rutas de recolección con el personal encargado de esta actividad, durante una semana, tanto en las rutas en la cabecera cantonal como en la zona rural. Para la evaluar el sistema de recolección, se basó con base en datos de recorridos reales, para ello, se empleó la aplicación Android OsmAnd, la misma que sirve para marcar las rutas, la hora de inicio, distancia recorrida y la velocidad promedio del camión recolector.

Luego con los datos registrados se utilizó el software ArcGIS Desktop, en el mismo se realizó un mapeo de las rutas de recolección de residuos sólidos. Primero, fue necesario convertir los datos GPX (GPS Exchange Format) a elementos geográficos en este caso líneas, que permite realizar un análisis de la distancia recorrida, tiempo y cobertura de las rutas de recolección de los RSU, en la zona urbana del cantón Guano.

## **Examinar el modelo de disposición final de residuos sólidos**

Para analizar el modelo de disposición final de los residuos sólidos, se utilizó la observación directa. De igual manera, se hizo un recorrido con los operadores del camión recolector utilizando la aplicación Android OsmAnd para marcar la ruta de disposición final, la distancia entre la zona urbana y el área de disposición final y el tiempo recorrido hacia la zona de disposición final. Esta información será plasmada al software ArcGIS Desktop. Además, en el sitio de disposición final se analizó la frecuencia de llegada del camión recolector, el peso diario de residuos que ingresan al sitio y el tiempo de operación del área de disposición final, esta información fue tomada mediante entrevista a realizar a los técnicos de la Dirección de Gestión Ambiental y Riesgo del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guano.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de información primaria y secundaria del modelo de gestión de residuos sólidos del cantón Guano**

Cabe indicar que la información secundaria proporcionada por el departamento de Dirección Ambiental y Riesgo del GAD Guano es del año 2014, cuya información es detallada a continuación.

#### ***Localización del cantón Guano***

El cantón Guano se encuentra en la zona de la sierra ecuatoriana, en la provincia de Chimborazo, en las coordenadas 1° 36' 16" latitud Sur y 78° 33' 46" de longitud oeste, el cantón tiene una superficie de 45 9720 Ha, con un total de 164 asentamientos humanos. Los límites son:

**Norte:** Provincia de Tungurahua

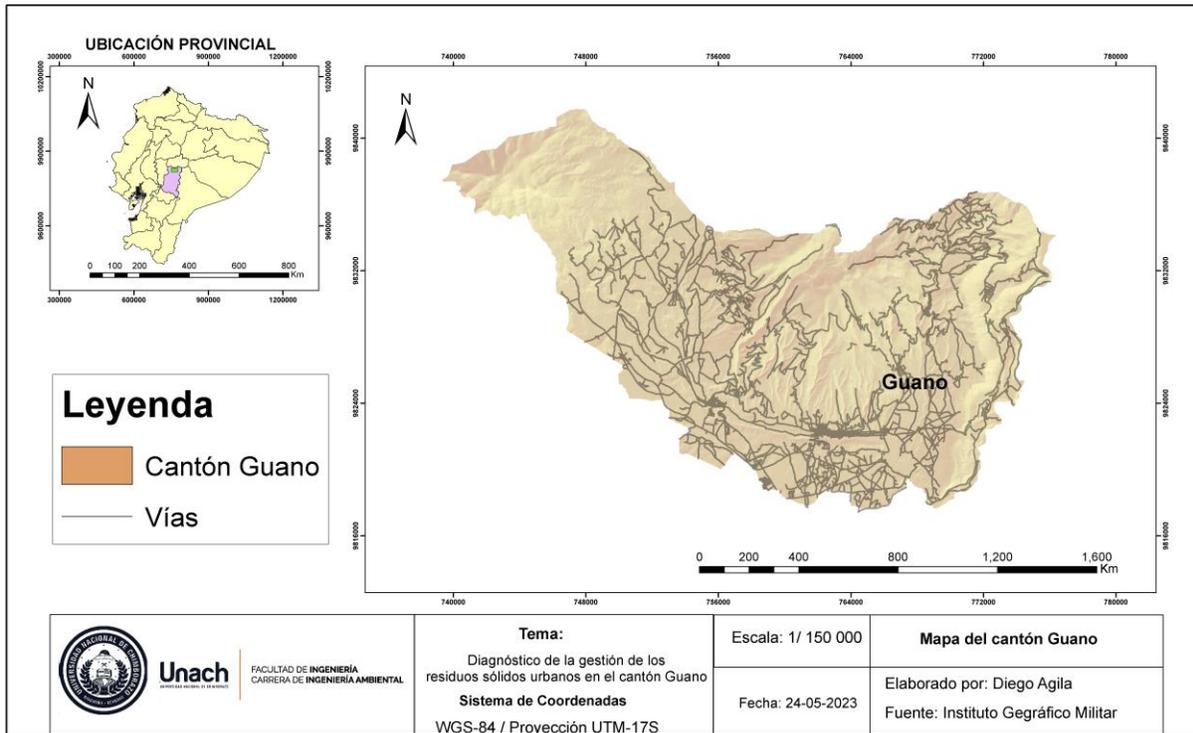
**Sur:** Cantón Riobamba y la quebrada Las Abras

**Este:** Río Chambo y cantón Penipe

**Oeste:** Provincia de Bolívar y cantón Riobamba

### Ilustración 3

#### *Cantón Guano*



El cantón Guano está conformado por 11 parroquias, de las cuales 2 son parroquias urbanas y 9 rurales.

**Tabla 5**

*Parroquias Urbanas y rurales del cantón Guano*

<b>Parroquias urbanas</b>	<b>Parroquias rurales</b>
La Matriz	Valparaíso
El Rosario	Santa Fe de Galán
	Guanando
	San José de Chazo
	San Isidro de Patulú
	San Gerardo de Pacaicaguán
	San Andrés
	Ilapo
	La Providencia

Fuente: (PDOT Guano, 2019)

***Uso y ocupación del suelo urbano***

Con respecto al uso del suelo en la zona urbana, la población tiende a dar un enfoque multifuncional a sus predios. Desde actividades comerciales, turísticas, artesanales, residenciales y lotes con actividades agrícolas.

***Población del Cantón Guano***

El censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2022) , el cantón Guano cuenta con 48 327 habitantes, el 52,8% representa a la población de mujeres y el 47,2% representa a la población de hombres. Las parroquias urbanas La Matriz y El Rosario, se concentra 22 764 habitantes que representa el 47,11% de la población del cantón Guano, con una tasa de crecimiento poblacional anual del periodo censal 2001-2010 de 1,28%.

La parroquia rural San Andrés es la que presenta una mayor población rural con 13 154 habitantes que representa el 27,22% de la población cantonal. La tasa de crecimiento poblacional anual para el cantón Guano del periodo censal 2001-2010 según el INEC es de 1,37%.

La proyección de población realizada por la Secretaría Nacional de Planificación hecha en base al Censo de población y Vivienda del año 2010, se estima que para el año 2023 el cantón Guano alcanzará una población de 49 248 habitantes.

El censo de población y vivienda realizado en 2022 indica que la zona urbana de Guano tiene 8 935 habitantes, 3 484 viviendas y un promedio de personas por hogar de 3,4.

**Tabla 6**

*Proyección de población por grupos de edad del cantón Guano*

Grupos de edad	Año 2023		
	Hombre	Mujer	Total
Menores de 1 año	394	405	799
1 a 4 años	2105	2041	4146
5 a 9 años	2688	2602	5290
10 a 14 años	2742	2721	5463
15 a 19 años	2625	2669	5294
20 a 24 años	2088	2265	4353
25 a 29 años	1722	1979	3701
30 a 34 años	1386	1711	3097
35 a 39 años	1284	1421	2755
40 a 44 años	1113	1274	2387
45 a 49 años	1017	1180	2197
50 a 54 años	811	957	1768
55 a 59 años	754	871	1625
60 a 64 años	718	838	1556
65 a 69 años	649	823	1472

70 a 74 años	534	664	1198
75 a 79 años	407	514	921
80 y más	517	709	1226
Total	23554	25694	49248

Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación, 2020).

### ***Gestión de residuos sólidos en el Cantón Guano***

El manejo integral de los residuos sólidos del cantón Guano hasta el año 2014 estaba a cargo la Comisaria Municipal. A partir de ese año, las actividades relacionadas al manejo de los residuos sólidos fueron trasladadas a la Dirección de Gestión Ambiental. Las normas y procedimientos para el diseño del sistema de desechos sólidos, el municipio ha adoptado las recomendaciones y metodologías desarrolladas por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS-OPS/OMS), dado que no existe una normativa nacional al respecto.

El proceso de gestión integral de los desechos sólidos del cantón Guano se compone de las siguientes fases: generación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final.

### ***Sistema de almacenamiento***

Para el almacenamiento de los residuos generados en los domicilios, la población utiliza diversas opciones como tachos plásticos, fundas plásticas, cartones entre otros. Siendo los tachos y fundas plásticas los más utilizados por la población.

### **Tabla 7**

#### *Tipos de recipientes domiciliarios*

<b>Recipientes</b>	<b>Zona urbana</b>	<b>Zona rural</b>	<b>Total</b>
Tacho	285	174	459

Funda	203	470	673
Costal	129	487	616
Cartón	61	93	154
Tanque	14	27	51
Otros	5	1	6

Fuente: (GAD Guano, 2014)

### ***Recolección y transporte de residuos sólidos***

Para el año 2014 en el cantón Guano el servicio de recolección de residuos sólidos tenía una cobertura del 70% en la zona urbana y un 30% en la zona rural. Los equipos de recolección y transporte para ese año eran : un camión recolector de 13,56 m<sup>3</sup> y cuenta con una volqueta de 6 m<sup>3</sup> designada para las parroquias rurales (GAD Guano, 2014).

### **Tabla 8**

#### *Equipo de recolección y Transporte*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Recolector Kenworth	1
Volqueta Chevrolet Kodiak	1

Fuente: (GAD Guano, 2014)

### ***Horarios de recolección de residuos sólidos en el cantón Guano***

El horario de recolección es de 08:00 a 13:00 y de 14:00 a 16:30, por las cinco rutas dispuestas por el municipio de Guano. Este horario está comprendido para el sector rural y urbano.

**Tabla 9***Horario de recolección*

<b>Horario de recolección</b>							
<b>Ruta</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
Ruta 1	08:00-16:30		08:00-16:30		08:00-16:30		
Ruta 2		08:00-16:30					
Ruta 3				08:00-16:30			
Ruta 4							08:00-16:30
Ruta 5	08:00-16:30	08:00-16:30	08:00-16:30	08:00-16:30	08:00-16:30	08:00-16:30	

Fuente: (GAD Guano, 2014)

***Disposición Final***

El cantón Guano hasta el año 2014 contaba con un botadero de basura a cielo abierto, estuvo en funcionamiento durante 40 años. Este botadero ocupa un área de 29 839,07 m<sup>2</sup>, de los cuales 5 274,66 m<sup>2</sup> están destinados a la disposición de los residuos. La falta de tratamiento adecuado de los residuos generaba problemas ambientales y a la salud pública. Por ejemplo, los residuos de clínicas, centros de salud y farmacias no recibían una separación adecuada, exponiendo peligros a la salud de los recolectores. Además, de tratarse de un botadero de basura a cielo abierto, no existía medidas técnicas para el control de lixiviados, gases, olores, la cobertura diaria y el control de vectores (GAD Guano, 2014).

Debido a esta problemática con relación a los botaderos de basura a cielo abierto a nivel nacional, el Ministerio del Ambiente en el año 2012 mediante la reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del libro VI, Anexo 6 “Proceso de cierre técnico y saneamiento de botaderos de los desechos sólidos”, emprendió realizar el control y seguimiento mediante notificaciones a los GADs para la aprobación de planes de cierre técnico y

clausura de botaderos a cielo abierto, hasta el año 2017. En el cantón Guano el cierre y clausura del botadero a cielo abierto se dio en el año 2014.

Actualmente los residuos sólidos generados por el cantón Guano son dispuestos en una de las tres celdas de emergentes localizada en la parroquia rural de Valparaíso, misma que empezó a operar en agosto de 2014, este lugar de disposición final es temporal, ya que el objetivo del municipio es la construcción de un relleno sanitario. Sin embargo, el Plan de Ordenamiento Territorial de Valparaíso, indicaba que la celda emergente no cumple con las normas técnicas estipuladas en el Texto Unificado De Legislación del Ambiente. La celda recibe diariamente 8 toneladas de residuos sólidos (PDOT Valparaíso, 2020).

#### **Tabla 10**

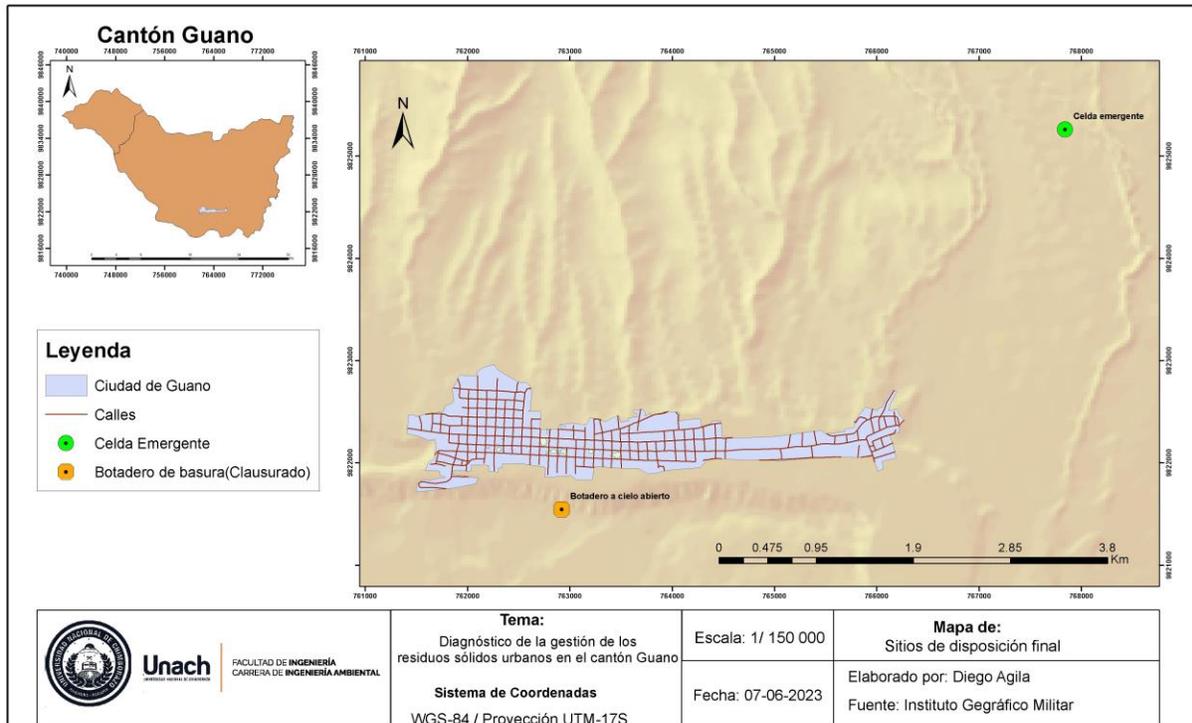
Coordenadas del sitio de disposición final

<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
Botadero a cielo abierto	763007,000	9821533,000
Celda emergente	767872,620	9825268,301

En la ilustración 4, se puede observar los sitios de disposición final, en donde el botadero a cielo abierto con la ciudad de Guano está a una distancia de 1,054 km, el cual esta clausurado.

## Ilustración 4

### Mapa de Sitio de Disposición Final



## Situación Actual del manejo de Residuos sólidos

### Cálculo de la muestra

Para determinar el número de muestras se empleó la ecuación 1, para una precisión de  $e = 10\%$  y el intervalo de confianza de  $95\%$  y como componente base “restos de comida”.

Entonces:

$$n = (t * s / e * x)^2$$

Componente base: Restos de comida

$$s = 0,03 \text{ (Tabla 1)}$$

$$x = 0,10 \text{ (Tabla 1)}$$

$$e = 0,10$$

$$t^* = \infty = 1,960 \text{ (Tabla 2)}$$

Aplicando la ecuación 1:

$$n = (t * s / e * x)^2$$

$$n = (1,960 * 0,03 / 0,10 * 0,10)^2$$

$$n = 35$$

Se vuelve a hacer un nuevo cálculo, para  $t = 35$

$$t = n = 35 \text{ (Tabla 2)}$$

$$n' = (2,0324 * 0,03 / 0,10 * 0,10)^2$$

$$n' = 37$$

Por lo tanto, para nuestro caso de estudio las muestras fueron de 40 en total.

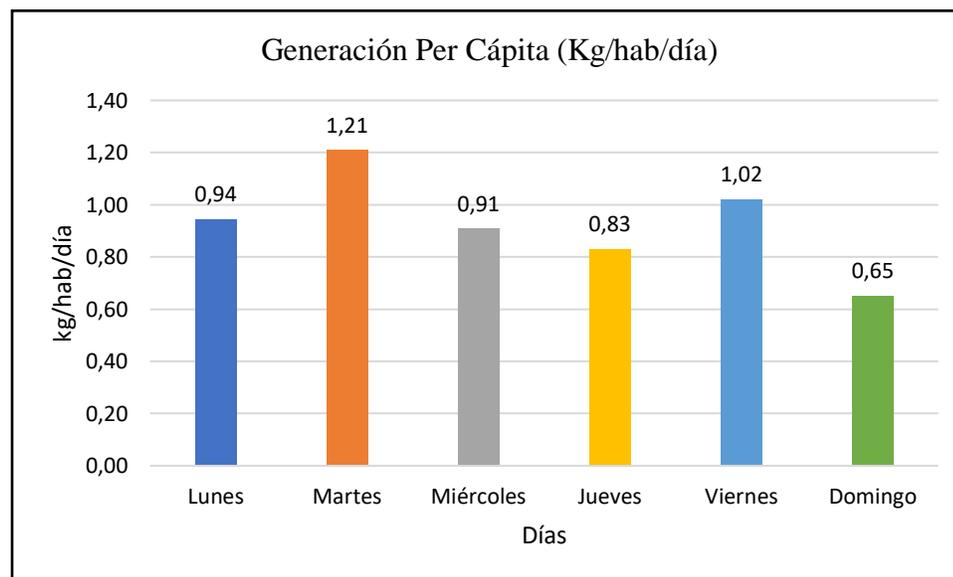
### ***Residuos sólidos urbanos diarios producidos en la cabecera cantonal del cantón Guano***

A continuación, se presenta los resultados obtenidos sobre la generación per cápita de residuos sólidos en la ciudad de Guano.

En cuanto a la producción de residuos sólidos en la cabecera cantonal del cantón Guano es de 0,926 kg/hab/día. De forma detallada, el lunes se genera aproximadamente 0,94 kg/hab/día, martes 1,21 kg/hab/día, miércoles 0,91kg/hab/día, jueves 0,83 kg/hab/día, viernes 1,02 kg/hab/día y el domingo 0,65 kg/hab/día, como se observa en la ilustración 5.

#### **Ilustración 5**

*Generación per cápita de RSU en la cabecera cantonal de Guano*



En la ilustración 5 se aprecia que hay una mayor generación de residuos los martes. Este incremento puede estar relacionado a la actividad en el mercado de la ciudad de Guano ya que ese día es cuando el camión de recolección se encarga de recoger los RSU generados en dicho

mercado. La cantidad de residuos sólidos generados en la cabecera cantonal es de aproximadamente de 8,3 ton/día, 249 ton/mes y 3 030 ton/año.

Se puede observar que el valor de generación per cápita en la ciudad de Guano ha aumentado en un valor muy considerable de 0,926 kg/hab/día, pues vale mencionar que el estudio realizado por el GADM Guano en el año 2014 es de 0,487 kg/hab/día. Según el INEC (2021) a nivel nacional en el sector urbano se produce un promedio de 0,90 kg de residuos urbanos por día, entonces podemos indicar que el valor per cápita de residuos sólidos generados en la ciudad de Guano está dentro de ese rango.

### ***Composición física de residuos sólidos***

La composición física total de los residuos sólidos urbanos se detalla a continuación en la tabla 11, valores obtenidos durante los días de muestreo.

**Tabla 11**

*Valores totales de la composición física de RSU*

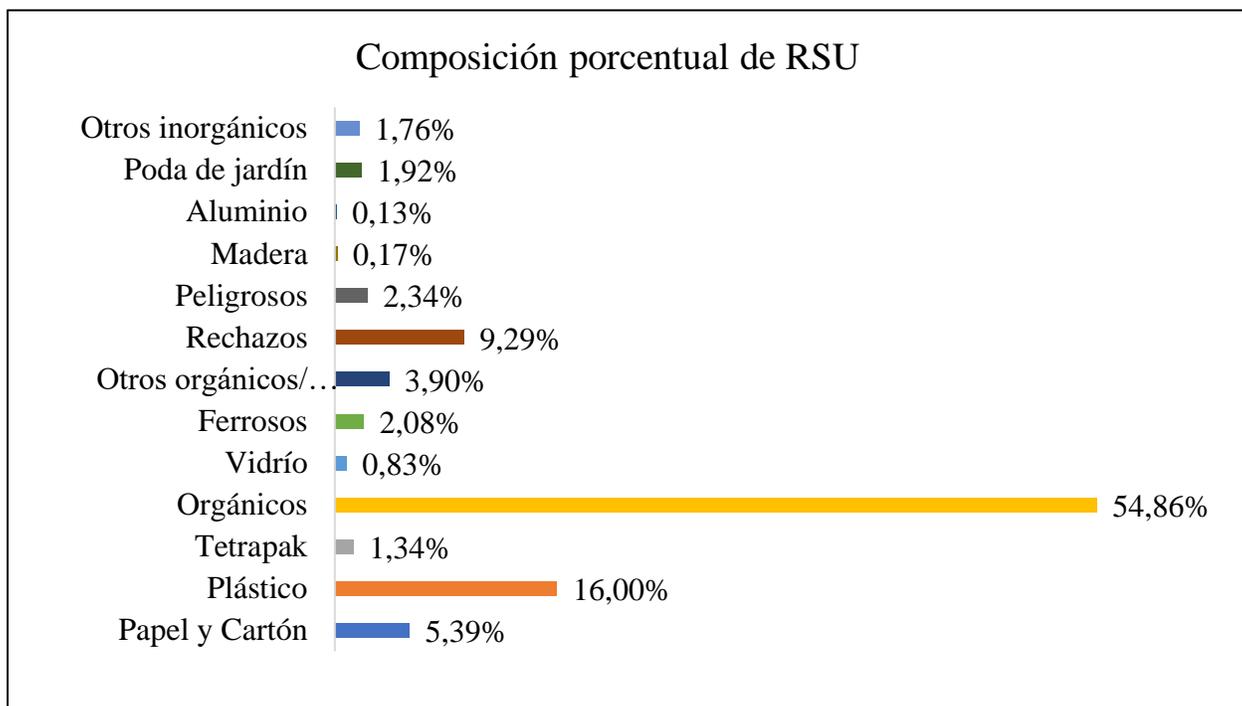
<b>Componentes</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Composición porcentual de RSU (%)</b>
Papel y Cartón	10,21	5,39
Plástico	30,32	16,00
Tetrapak	2,53	1,34
Orgánicos	103,96	54,86
Vidrio	1,57	0,83
Ferrosos	3,95	2,08
Otros orgánicos/ Combustibles	7,4	3,90

Rechazos	17,6	9,29
Peligrosos	4,43	2,34
Madera	0,33	0,17
Aluminio	0,25	0,13
Poda de jardín	3,63	1,92
Otros inorgánicos	3,33	1,76
Total	189,51	100,00

En la ilustración 6 se puede observar los valores porcentuales obtenidos en la cabecera cantonal del cantón Guano. La composición física de los residuos indica que existe mayor generación de materia orgánica con un 54,85%, seguido de plástico con un 16%, rechazos 9,29%, papel y cartón 5,39%, otros orgánicos/combustibles 3,90%, peligrosos 2,34%, ferrosos 2,08%, poda de jardín 1,92%, otros inorgánicos 1,76%, Tetrapak 1,34% y los menos representativos son el vidrio con un 0,83%, madera 0,17% y aluminio con 0,13%.

## Ilustración 6

### Composición física de RSU



El 54,86% de generación de materia orgánica está relacionada a las actividades domésticas, actividades del mercado de la ciudad y preparación de comidas en los restaurantes, cabe indicar que hay viviendas de la ciudad de Guano que utiliza los residuos orgánicos como alimento para la crianza de animales o como abono para sus terrenos. Debido a esta práctica, el valor de materia orgánica que llega a la celda de Valparaíso no refleja un valor real de este componente (Carrera, 2022). Según el informe presentado por la Dirección de Ambiente y Riesgo (2014), la ciudad de Guano genera un 54,88% de materia orgánica, lo que indica que este valor no ha variado.

Como material reciclable está el plástico con un 16% es uno de los componentes inorgánicos que mayor se genera en la ciudad de Guano, esto es debido a los hábitos y formas de

consumo de sus habitantes, ya que es empleado para un solo uso (Portilla, 2022). La separación y reciclaje de plástico, papel y cartón y material ferroso se realiza en la celda emergente por un grupo de 9 personas particulares que cuentan con el permiso del municipio, pero que esta al momento no tienen un vínculo laboral con esta institución, por lo tanto, no tienen un apoyo en infraestructura y recursos de protección personal.

Cabe mencionar que, el sitio de disposición final de Valparaíso cuenta con un área designada para la disposición final de residuos peligrosos provenientes de centros de atención médica, sin embargo, se puede evidenciar que un 2,34% de residuo peligroso llega a la celda destinada para residuos sólidos urbanos. Esto representa un riesgo para los señores encargados del reciclaje, ya que se han encontrado jeringuillas y medicamentos en las muestras tomadas para el estudio.

Los resultados obtenidos en este estudio presentan diferencias frente al último informe de caracterización realizados en el año 2014 por parte del GADM del cantón Guano principalmente en cuanto a la composición de plástico el cual es de 9,12%, mientras que para el año 2023 es de 16% siendo un aumento considerable en la generación de plástico.

### ***Densidad de los residuos sólidos***

Los valores diarios de densidad se presentan en la siguiente tabla 12, en donde la densidad total de RSU para la ciudad de Guano es de 231,86 kg/m<sup>3</sup>.

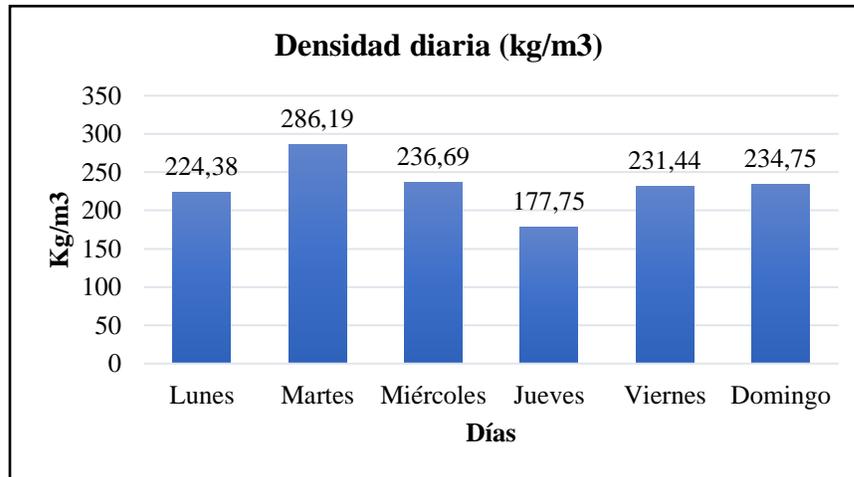
**Tabla 12***Densidad diaria de RSU*

	<b>Días</b>	<b>Peso RSU diario (kg)</b>	<b>Capacidad del Recipiente m3</b>	<b>Densidad diaria kg/m3</b>	<b>Densidad Total kg/m3</b>
	Lunes	35,9	0,16	224,38	
	Martes	45,79	0,16	286,19	
Ciudad	Miércoles	37,87	0,16	236,69	231,86
Guano	Jueves	28,44	0,16	177,75	
	Viernes	37,03	0,16	231,44	
	Domingo	37,56	0,16	234,75	

Según en la ilustración 7 se observa que la densidad correspondiente para el día lunes es de 224,38 kg/m<sup>3</sup>, martes 286,19 kg/m<sup>3</sup>, miércoles 236,69 kg/m, jueves 177,75 kg/m<sup>3</sup>, viernes 231,44 kg/m<sup>3</sup> y domingo de 234,75 kg/m<sup>3</sup>.

## Ilustración 7

*Densidad diaria de RSU en la cabecera cantonal del cantón Guano*



El valor de densidad de residuos sólidos obtenidos en la presente investigación es de 231,86 kg/m<sup>3</sup>, se comparan con el valor obtenido por la Dirección de Ambiente y Riesgo del GAD Guano (2014), que es de 230,41 kg/m<sup>3</sup>, son valores que no tienen una diferencia significativa, es decir se mantienen constantes.

La densidad promedio para residuos sólidos urbanos puede variar de 150 a 250 kg/m<sup>3</sup> (Sáez & Urdaneta, 2014), se observa que los valores obtenidos en este estudio están en el rango antes mencionado, esto es debido a un mayor porcentaje de generación de materia orgánica en la ciudad de Guano. Sin embargo, este valor puede cambiar del contenido de la materia orgánica, el grado de humedad, temporada y hábitos de consumo de la población (CEPIS/OPS, 2005).

### **Identificar el modelo de recolección de residuos sólidos**

Durante la etapa de recolección y transporte son usados recursos propios del municipio. La recogida y transporte de los residuos sólidos urbanos en la cabecera cantonal es de lunes a domingo

a excepción del sábado, en un horario de 8:00 a 16: 00 horas, mientras que para la zona rural es de lunes a viernes de 8:00 a 16:00 horas. Para garantizar un mejor cumplimiento de esta fase el municipio cuenta con 2 camiones Kenworth de carga trasera, con capacidad de 12 toneladas. Uno de estos vehículos está designado para la zona urbana. El segundo esta designado para la zona rural. Adicionalmente, se cuenta con una volqueta destinada para las comunidades rurales. Se emplea un equipo 10 personas, conformado por 3 choferes responsables de operar los vehículos, y 7 obreros encargados de recoger los residuos sólidos a lo largo del proceso.

**Tabla 13**

*Equipo de recolección y Transporte actual*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>N° Personal</b>
Recolector Kenworth	2	6
Volqueta Chevrolet Kodiak	1	4

*Modelo de recolección en la cabecera cantonal del cantón Guano*

La recolección de RSU no es diferenciada, el punto de partida es el en el garaje del municipio de Guano y una vez que el vehículo es llenado de RSU se traslada a la celda emergente de Valparaíso, la disposición de residuos sólidos a la celda es de dos veces por día. La frecuencia de recolección de los residuos sólidos en la ciudad de Guano es diaria.

El modelo de recolección en el cantón Guano es de recolección mixta, es decir combina la recolección de acera, de esquina y de contenedores. En la zona urbana solo existe la recolección de acera, no hay presencia de contenedores para el almacenamiento temporal de residuos sólidos. Este método de recolección es muy utilizado en el país, tiene una alta eficiencia en la recolección

de los residuos sólidos y fomenta la separación en la fuente. Sin embargo, genera altos costos de operación relacionado en términos de mano de obra, vehículos, tiempo y en zonas con viviendas dispersas como en áreas rurales puede resultar ineficiente este tipo de modelo de recolección (Díaz et al., 2006).

### ***Rutas de recolección***

En la ilustración 8 se observa las rutas de recolección están predefinidas por el municipio, el vehículo realiza la recolección de lunes a domingo a excepción del sábado. La cobertura de recolección es de aproximadamente de 86% y una distancia promedio de 32,972 km y a una velocidad promedio de 7,7 km/h. Comparando el porcentaje de cobertura a nivel nacional que según el censo realizado en 2022 indica que es de 88,7%.

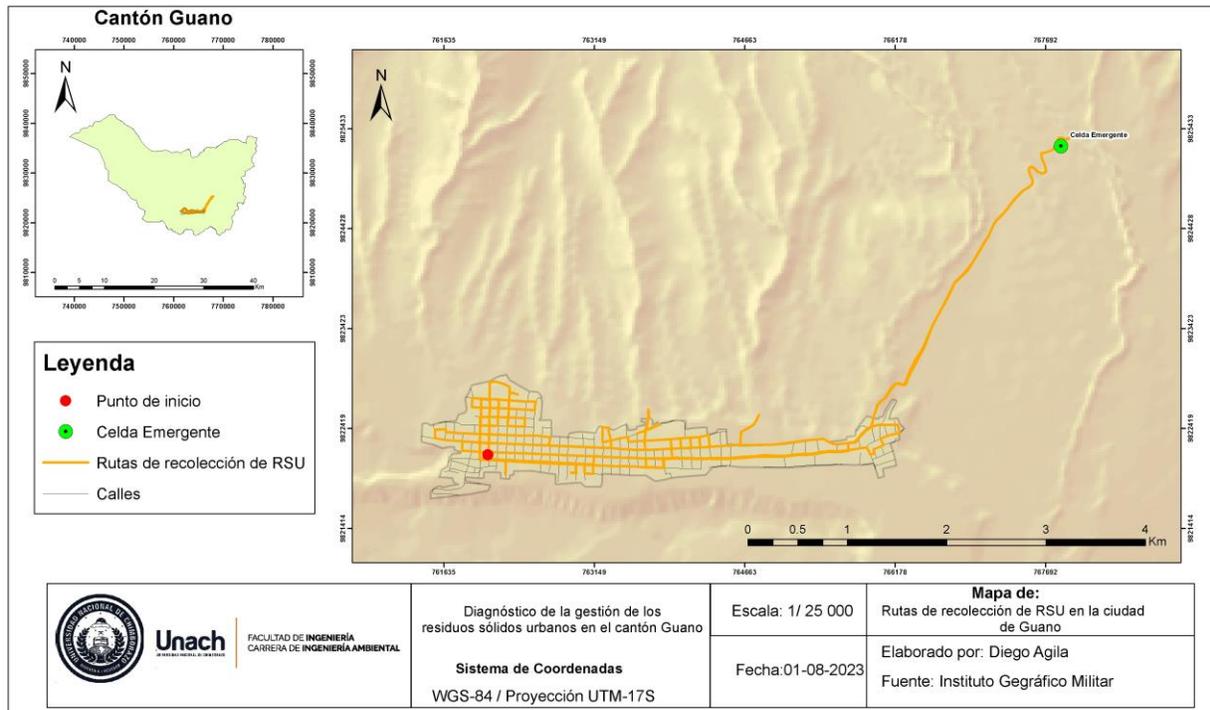
**Tabla 14**

#### *Horario de recolección actual de RSU*

<b>Vehículo</b>	<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Distancia promedio recorrida</b>	<b>Velocidad promedio</b>
Camión Kenworth	Lunes	8H00-16H00	32,972 km	7,7 km/h
	Martes	8H00-16H00		
	Miércoles	8H00-16H00		
	Jueves	8H00-16H00		
	Viernes	8H00-16H00		
	Domingo	8H00-16H00		

## Ilustración 8

### Mapa de rutas de recolección de RSU



Las viviendas con acceso al servicio de recolección de basura para el año 2022 es 82% en la parte urbana de Guano en la tabla 15 se observa el aumento del acceso al servicio de recolección de RSU entre el año 2001, 2010 y 2022.

**Tabla 15***Viviendas con acceso al servicio de recolección de RSU en la ciudad de Guano*

<b>Indicador</b>	<b>Año 2001</b>	<b>Año 2010</b>	<b>Año 2022</b>
Viviendas con acceso al servicio de recolección de basura	33,2%	49,8%	82%

Fuente: (INEC, 2022)

**Examinar el modelo de disposición final de residuos sólidos**

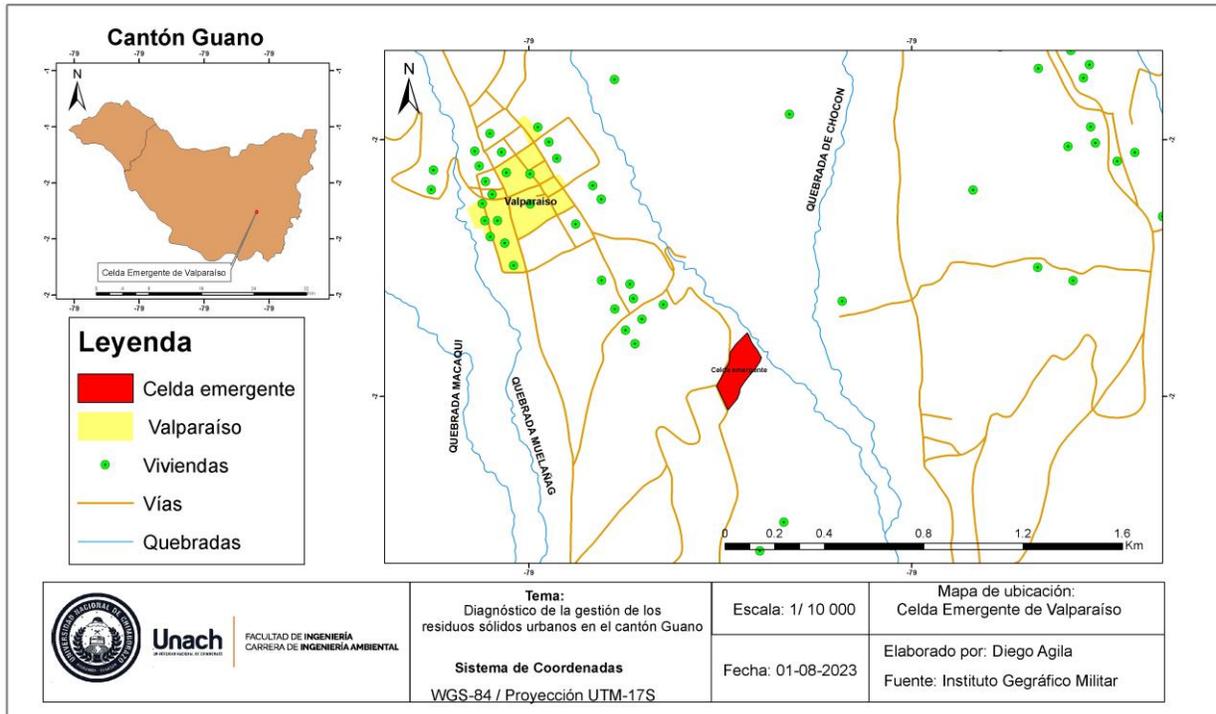
La disposición final de residuos sólidos urbanos que posee el cantón Guano es mediante celda emergente ubicada en la parroquia rural de Valparaíso, en este sitio son dispuestos los residuos sólidos de manera manual y mecanizada provenientes del cantón Guano y del cantón Quero. Para la ubicación y construcción de la celda emergente por parte del municipio del cantón Guano fue siguiendo las condiciones técnicas estipulado en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) tomando en cuenta aspectos geológicos generales del sector, un análisis cuantitativo de los riesgos por amenazas naturales y considerando el nivel de afectación de la celda hacia la población y ambiente.

***Aspectos geológicos generales del sitio de disposición final***

El sitio de disposición final tiene una pendiente moderada (5-15%), limitada por tres quebradas de régimen intermitente, al oeste la quebrada Chacón afluente de la quebrada de Chocón con un desnivel de 60-70 m con respecto a la celda. Hacia el este se encuentran las quebradas Muelañag y Macaqui que conforman la quebrada Alacao. El sitio de disposición final está a una altitud de 2955 - 2980 msnm.

## Ilustración 9

### Celda Emergente - Valparaíso



El estudio realizado por el GAD de Guano indica que el lugar de disposición final para los residuos sólidos es adecuado desde una perspectiva geológica. Este análisis revela que el suelo tiene un bajo grado de expansividad, es un suelo semipermeable, no existe evidencia de nivel freático, no presenta fallas geológicas y el material de la zona cumple con las especificaciones establecidas por la OPS, es decir no es agresivo a los materiales de construcción, lo que hace apto para uso como material de recubrimiento en la celda emergente. Aunque el suelo superficial es propenso a la erosión hídrica y eólica, derrumbes y a la degradación por actividades humanas (GAD Guano, 2014).

## *Infraestructura*

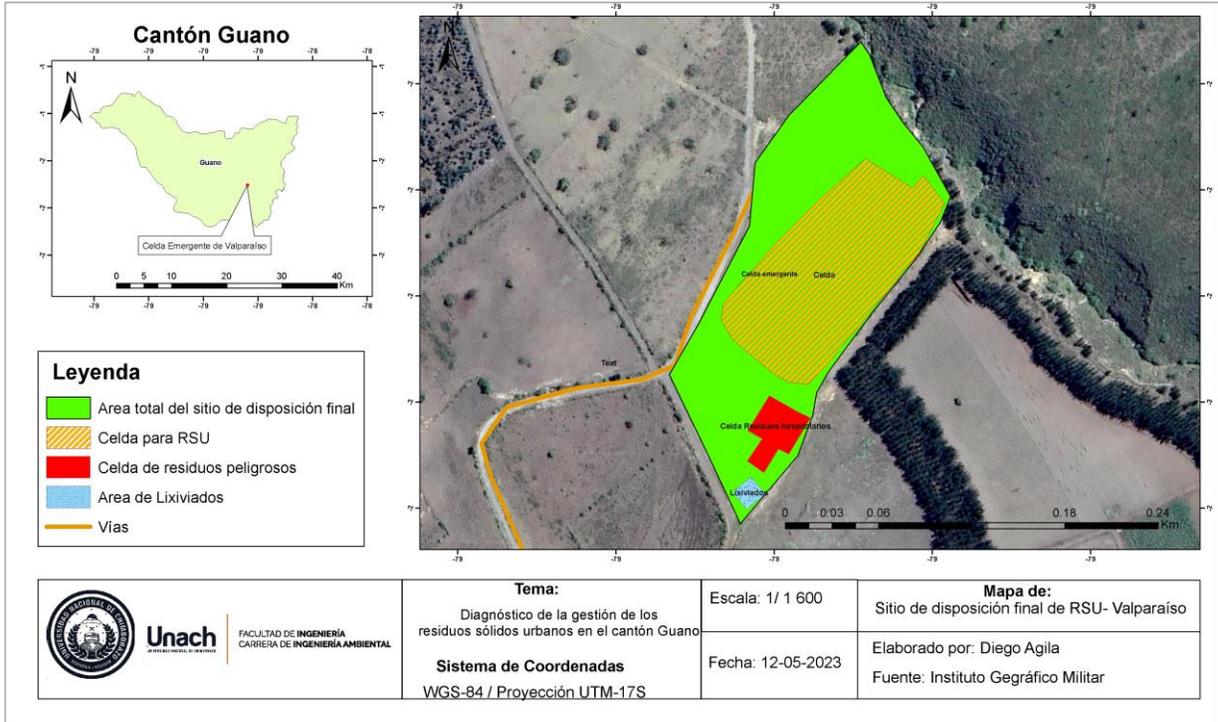
Luego de realizar una visita de campo a la celda emergente se puede contrastar que el sistema de gestión de residuos sólidos del cantón Guano no tiene la fase de transferencia pues vale indicar que la distancia que existe entre la ciudad de Guano y el área de disposición final es de 6,50 km por lo tanto no es necesario contar con una estación de transferencia para optimizar el costo de transporte de RSU hacia el sitio de disposición final. No existe una báscula de pesaje en la entrada, siendo un instrumento necesario para llevar un registro de la cantidad de RSU que ingresa a la celda.

La tasa de aprovechamiento de los residuos sólidos en el sitio de disposición final es nula por parte del municipio. Quienes lo realizan son personas ajenas a la institución que atraviesan dificultades económicas que buscan en estos lugares medios de subsistencia a través de la venta de plástico y cartón, componentes que en mayor porcentaje separan y recopilan para su posterior comercialización (Baptista et al., 2014).

Para la disposición definitiva de los RSU existe tres celdas dos de ellas llegaron a completar su vida útil y la tercera está en funcionamiento, el área total de las tres celdas destinadas a recibir los residuos es de aproximadamente de 10 663 m<sup>2</sup>. Además, cuenta con un área de aproximado de 1 038 m<sup>2</sup> asignada para residuos provenientes de centros de atención médica. Y un área de 217 m<sup>2</sup> para los lixiviados generados por la degradación de la materia orgánica biodegradable, en la ilustración 10, cabe indicar que el sistema de almacenamiento de lixiviados tiene una cubierta para evitar el ingreso de agua lluvia. Las tres celdas cuentan con cunetas perimetrales para recolectar el agua de escorrentía y evitar que ingresen a la celda y genere mayor cantidad de lixiviados, pero es necesario llevar un mantenimiento de estas.

## Ilustración 10

### Mapa del sitio de disposición final



## Geomembrana

La geomembrana dispuesta en la celda presenta ciertas fisuras ocasionadas por los camiones recolectores al momento de la descarga de los residuos sólidos o por los equipos encargado del recubrimiento y compactación, como se observa en la ilustración 11, este problema viene dándose desde hace 4 años atrás, en donde la población de Valparaíso se pronunciaba que el GADM Guano no garantizaba un correcto uso de la celda emergente.

## **Ilustración 11**

### *Fisuras en la Geomembrana*



### *Chimeneas*

Las chimeneas presentan problemas relacionados con la extracción y liberación controlada del biogás, ya que las dos celdas que han llegado al final de su vida útil tienen sus chimeneas obstruidas con tierra o residuos sólidos. Esto puede significar un peligro de explosión o incendio en la celda por la acumulación del biogás que contiene compuestos volátiles. Sin embargo, la celda que actualmente está en funcionamiento cuenta con chimeneas en buen estado.

## **Ilustración 12**

### *Chimeneas cubiertas con tierra y residuos sólidos*



El material utilizado para cubrir los residuos sólidos urbanos es la tierra resultante de la excavación, esta actividad no se realiza a diario, para la distribución y compactación de los residuos lo hacen con un tractor de orugas dos días a la semana, los lunes y viernes.

### ***Registro de Llegada de Camiones a la celda***

La frecuencia de llegada de camiones con residuos sólidos a la celda varía a lo largo de la semana. Se registra un promedio de llegada de alrededor de 3 veces por día. Los días de mayor actividad son los lunes, martes, jueves y viernes, cuando se observa un mayor número de camiones descargando residuos sólidos.

Cabe mencionar que la volqueta encargada de la recolección de los residuos sólidos de las comunidades rurales realiza dos descargas por día, los jueves y viernes. En comparación, con el camión Kenworth, encargado de la recolección de los RSU en la parte urbana, realiza dos descargas diarias los lunes, martes y viernes.

Por último, el camión Kenworth que se encarga de recoger los residuos sólidos de la zona rural realiza únicamente una descarga por día a lo largo de la semana. Además, que la celda emergente de Valparaíso también recibe residuos generados en el cantón Quero, los cuales llegan los lunes y jueves, con una descarga por día.

**Tabla 16**

*Número de descargas de RSU*

<b>Días</b>	<b>Frecuencia de llegada/día</b>
Lunes	4
Martes	3
Miércoles	3
Jueves	4
Viernes	4
Domingo	1

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

A partir del análisis de información primaria se identificó el crecimiento de la población del cantón Guano, actualmente es de 49 248 habitantes y para la cabecera cantonal del cantón Guano es de 8 935 habitantes. En cuanto al modelo de gestión de residuos sólidos para el cantón Guano está estructurado en 5 fases: generación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final. Mediante el levantamiento de información primaria se pudo constatar que no existe un sistema de contenerización en la cabecera cantonal del cantón Guano. Además, en el año

2014 se dio la clausura del botadero de basura a cielo abierto del cantón, cumpliendo la normativa vigente de ese año.

La generación per cápita para el año 2023 de la ciudad de Guano es de 0,926 kg/hab/día, existiendo una variación significativa con respecto a la generación per cápita del año 2014 que fue de 0,487 kg/hab/día, con una mayor composición de materia orgánica de 54,86%, y el 45,14% corresponde a residuos inorgánicos donde los más representativos son los plásticos con 16% seguido de rechazos con un 9,29%. Este crecimiento está relacionado con el aumento de la población y los hábitos de consumo.

El modelo de recogida de residuos sólidos para la ciudad de Guano es de recolección de acera. Un modelo de recolección muy utilizado en el país pero que tiene sus deficiencias en cuanto a los costos de operación. La cobertura de recolección para la ciudad de Guano de residuos sólidos es de 86%. El transporte de residuos especiales o peligrosos lo realizan de forma adecuada, debido que el traslado lo hacen de manera separada.

Para la disposición de residuos sólidos se lo realiza en celdas emergentes, el área de descarga de los residuos sólidos está en una ubicación óptima, pues para el transporte de los residuos sólidos desde la ciudad de Guano hacia el sitio de disposición es de 6,50 km, una distancia que reduce el costo y tiempo de transporte. Cuenta con una celda específica para la descarga de residuos especiales y un sistema de almacenamiento de lixiviados. Cuenta con ciertas limitaciones como la inexistencia de una báscula de pesaje, el no recubrimiento diario de los residuos sólidos y el no tratamiento de los lixiviados.

En la zona rural el número de vehículos encargados de la recolección de RSU son insuficientes. Debido, a que presentan una volqueta que cumple esta función recolección, la misma

que tiene una capacidad limitada para el transporte los residuos sólidos hacia a la celda emergente. Por lo tanto, el municipio debe satisfacer de un vehículo Kenworth para las comunidades rurales para mejorar la eficiencia y cobertura de recolección.

## **Recomendaciones**

El GADM de Guano debería implementar campañas de educación ambiental sobre el manejo de residuos sólidos, enfocados principalmente en la reducción de la generación de residuos sólidos, ya que ningún sistema integral de residuos sólidos será eficiente si la cantidad de generación de RSU aumenta cada año.

El GADM de Guano en conjunto con instituciones de educación superior u organizaciones no gubernamentales deberían realizar un estudio y diseño de estrategias para la implementación de un sistema de reciclaje para el cantón Guano.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Abarca-Guerrero, L., Mass, G., & Hogland, W. (2015). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(2), 141–168.

Ali, M., Wang, W., Chaudhry, N., & Geng, Y. (2017). Hospital waste management in developing countries: A mini review. *Waste Management and Research*, 35(6), 581–592.

ASTM D5231-92. (2016). *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*.

Baptista, J., Barrios, G., Muto, D., & Pedraza, J. (2014). Diagnóstico de la gestión de los residuos

- sólidos urbanos en cabinda, República de Angola. *Revista Centro Azucar*, 41(1), 34–44.
- Cárdenas-Ferrer, T., Santos-Herrero, R., Contreras-Moya, A., Rosa-Domínguez, E., & Domínguez-Núñez, J. (2019). Sólidos Urbanos en Villa Clara. *Tecnología Química*, 39, 471–488. [scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852019000200471&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852019000200471&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Carrera, D. (2022). *Diseño de un sistema de contenerización en la zona urbana del cantón Guano*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- CEPIS/OPS. (2005). *Hojas de divulgación técnica . Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*. 1(1), 39–64.
- Chicaiza, C., Navarrete, V., Camacho, C., & Chicaiza, Á. (2020). Evaluation of municipal solid waste management system of Quito - Ecuador through life cycle assessment approach. *LALCA: Revista Latinoamericana Em Avaliação Do Ciclo de Vida*, 4.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Asamblea Nacional Constituyente*. <https://doi.org/10.1075/ttwia.40.16bee>
- COOTAD. (2014). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*. Registro Oficial. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2018/01/COOTAD.pdf>
- Díaz, L., Pilataxi, E., Puente, C., Gallegos Núñez, J., Baquero, J., & Jara, J. (2006). Caracterización del sistema de contenerización de la ciudad de Riobamba mediante análisis multivariado. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, 1. <https://drive.google.com/open?i->

- Flores, M., Gugardado, A., & Romero, C. (2008). *Diseño de una metodología para la logística de recolección de desechos sólidos en los distritos 4 y 5 del municipio de San Salvador*. Universidad de El Salvador.
- GAD Guano. (2014). *Estudio y diseño definitivo para la gestión integral de los desechos sólidos del GAD Guano .pdf*.
- GAD Guano. (2021). *Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Guano 2019-2023*.
- Galvis, J. (2016). Residuos sólidos problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Gestión & Región, 22*, 7–28.
- García, H., Toyo, L., Acosta, Y., Rodríguez, L., & El Zauahre, M. (2014). Percepción del manejo de residuos sólidos urbanos ( fracción inorgánica ) en una comunidad universitaria. *Multiciencias, 14*, 247–256.
- Hernández, J. (2016). Caracterización de la gestión de residuos hospitalarios y similares en CAMI Vista Hermosa, Bogotá. *Respuestas, 21*(1), 6–15.
- Hettiarachchi, H., Ryu, S., Caucci, S., & Silva, R. (2018). Municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean: Issues and potential solutions from the governance perspective. *Recycling, 3*(2).
- INEC. (2021). *Boletín Técnico No. 44-2020 Gestión de Residuos Sólidos*.
- INEC. (2022a). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.
- INEC. (2022b). *Censo Ecuador*.

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNWUzMjQwOWMtZjFhOS00NjczLTk0YTItNjcwZmRmY2YxMjkyIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWVtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9>

Jara, J., Pérez, D., Bustamante, A., Pérez, A., Paredes, C., López, M., López-Lluch, B., Gavilanes, I., & Moral, R. (2017). Composting as sustainable strategy for municipal solid waste management in the Chimborazo Region, Ecuador: Suitability of the obtained composts for seedling production. *Journal of Cleaner Production*, *141*, 1349–1358.

Kawai, K., & Tasaki, T. (2016). Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, *18*(1), 1–13.

León, J., Herrera, I., Lorente, L., Montero, Y., Herrera, E., Imbaquingo, D., & José, J. (2020). Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos bajo un enfoque de Sistemas de Información Geográfica, un estudio de caso. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, *29*, 479–493.

Lobo, S. (2017). *Operaciones para la gestión de residuos industriales*. SEAG0108 (I. Editorial (ed.); 1st ed.).

Mendieta, R., Giler, J., Menéndez, C., & Macías, R. (2020). Estudio sobre el manejo de desechos sólidos del área urbana en la parroquia Membrillo, cantón Bolívar. *Revista Dominio de Las Ciencias*, *6*(3), 282–309.

Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). *Programa Nacional De Gestión Integral De Desechos Sólidos*. 1.

<http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/254996/Informe+Gestion+detaillado+MAE->

- Moh, Y. C., & Abd Manaf, L. (2014). Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling*, 82, 50–61.
- PDOT Guano. (2019). Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Cantón Guano. *GAD Cantón Guano*.
- PDOT Valparaíso. (2020). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia rural Valparaíso.
- Portilla, J. (2022). Análisis del Marco Normativo de Economía Circular en Ecuador Orientado al Sector de los Plásticos. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 13(1), 38–47. <https://doi.org/10.29166/revfig.v13i1.3364>
- Quillos Ruiz, S., Escalante, N., Sánchez Vaca, D., Quevedo Novoa, L., & De La Cruz Araujo, R. (2018). Residuos Sólidos Domiciliarios: Caracterización Y Estimación Energética Para La Ciudad De Chimbote. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 84(3), 322–335.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*.
- Rondon, E., Szantó, M., Pacheco, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Manuales de La CEPAL*, 2. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40407>
- Sáez, A., & Urdaneta, G. (2014). Manejo de residuos sólidos en America Latina y el Caribe. *Omnia*, 20.

Sánchez, M. del P., Cruz, J. G., & Maldonado, P. C. (2020). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. *Revista Finanzas y Política Económica*, 11(2), 321–336.

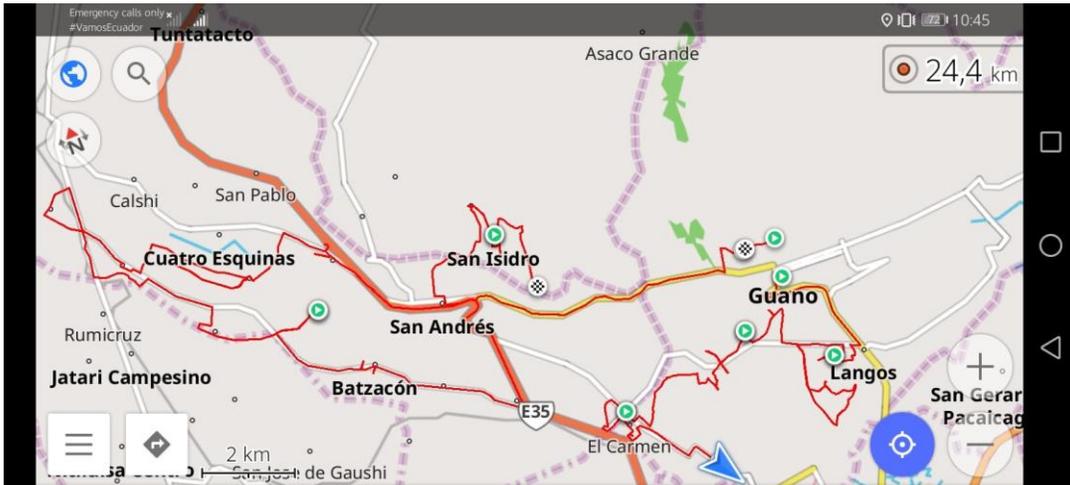
Santos, J. (2020). *Sistemas de Información Geográfica* (UNED (ed.)).

Secretaría Nacional de Planificación. (2020). *Proyección de población por cantones 2020-2025*. Proyecciones y Estudios Demográficos - Sistema Nacional de Información (sni.gob.ec)

Zhu, Y., Zhang, Y., Luo, D., Chong, Z., Li, E., & Kong, X. (2021). A review of municipal solid waste in China: characteristics, compositions, influential factors and treatment technologies. *Environment, Development and Sustainability*, 23(5), 6603–6622.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-020-00959-9>

## ANEXOS

### Recorrido por las rutas de recolección



Caracterización de RSU



**Celda Emergente de Valparaíso**



## Cálculo de la Generación per cápita

		PPC RSU- Guano Urbano							
N° Muestras	N° Habitantes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Domingo	Total kg	
		Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha		
		04-sep	05-sep	06-sep	07-sep	08-sep	10-sep		
kg									
1	4	3,63	4,65	6,90	3,50	3,75	0,7	22,43	2,60
2	4	2,6	5,60	3,22	6,20	0,50	1,9	18,12	4,32
3	4	1,41	6,30	5,20	1,50	3,25	1,35	17,66	3,35
4	4	1,3	4,50	2,50	6,80	4,77	1,25	19,87	4,45
5	4	1,4	5,80	2,20	0,90	2,05	2	12,35	2,30
6	4	4,35	6,60	3,30	3,70	4,00	1,7	21,95	1,23
7	4	4,55	2,90	7,00	1,45	8,50	1,15	24,4	5,00
8	4	6,75	5,50	7,60	7,50	2,90	1,5	30,25	6,40
9	4	5	3,20	3,50	2,90	2,76	7,23	17,36	2,70
10	4	2,93	5,80	2,18	3,10	10,85	3,15	24,86	3,50
11	4	2,35	6,00	2,66	4,65	0,55	1,55	16,21	6,70
12	4	6,65	3,20	2,62	7,70	7,00	3,05	27,17	5,70
13	4	3,3	4,60	0,72	0,50	3,60	2,7	12,72	6,80
14	4	8,8	1,00	3,90	1,50	6,60	5	21,8	1,50
15	4	3,8	3,00	0,50	1,00	11,20	0,87	19,5	5,80
16	4	2,5	8,20	3,05	1,20	3,70	3,9	18,65	6,80
17	4	5,5	8,15	4,55	1,30	6,40	1,05	25,9	7,90
18	4	1	1,35	2,65	1,00	7,00	1,85	13	1,60
19	4	9	2,80	2,00	4,00	1,80	2	19,6	4,70
20	4	6,9	10,60	4,64	2,50	3,55	3	28,19	3,50
21	4	5,75	5,00	8,00	3,57	5,15	1	27,47	3,13
22	4	5	2,65	7,55	9,25	2,55	2	27	2,10
23	4	1,25	7,00	2,14	2,30	4,22	3,1	16,91	2,50
24	4	1	3,68	1,95	2,16	4,75	2,15	13,54	3,50
25	4	4,8	6,00	4,60	4,20	4,15	4	23,75	4,50
26	4	0,95	3,50	6,70	1,00	2,45	7,6	14,6	3,70
27	4	1,8	1,60	3,50	3,50	7,00	3,15	17,4	1,60
28	4	1,6	7,11	7,90	5,10	2,00	1	23,71	5,70
29	4	4,3	3,20	3,32	5,65	1,26	7,05	17,73	3,10
30	4	1,95	1,26	2,84	2,05	3,00	4,1	11,1	3,20
31	4	3,7	9,80	3,15	3,60	6,64	1,3	26,89	5,20
32	4	1,2	3,00	1,38	0,70	5,25	0,85	11,53	6,70
33	4	1,6	4,50	0,45	5,57	2,03	1,9	14,15	1,30
34	4	4,55	3,50	1,85	3,16	5,00	1,1	18,06	1,50
35	4	3	7,00	3,20	1,10	1,00	2,5	15,3	1,60
36	4	5,2	7,70	4,00	1,75	2,50	0,95	21,15	3,60
37	4	1,5	2,50	4,25	4,40	3,45	2,15	16,1	2,70
38	4	4	3,50	0,50	7,80	1,05	6,5	16,85	4,60
39	4	7,74	3,58	3,00	1,75	0,60	1	16,67	4,12
40	4	6,23	7,45	4,02	1,15	4,50	4,2	23,35	1,05
<b>Total residuos</b>		150,84	193,28	145,19	132,66	163,28	104,5	785,25	
<b>Total Personas</b>		160	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	800	
<b>Generación per cápita kg/hab día</b>		0,94	1,21	0,91	0,83	1,02	0,65	0,927	

## Composición de RSU

Componentes		Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Domingo	
		Peso kg	%	Peso	%	Peso kg	%						
Papel y Cartón		3,5	14,21	2,21	4,59	0,75	2,33	0,65	2,25	0,8	2,67	2,3	8,97
Plástico		3,2	12,99	5,75	11,93	4,25	13,18	5,25	18,18	7,75	25,90	4,12	16,07
Tetrapak		0,5	2,03	0,35	0,73	0,5	1,55	0,54	1,87	0,54	1,80	0,1	0,39
Orgánicos		10,5	42,63	30,4	63,08	17,9	55,50	17,46	60,46	14,5	48,46	13,2	51,48
Vidrio		0,25	1,02	0,4	0,83	0,2	0,62	0,25	0,87	0,15	0,50	0,32	1,25
Ferrosos		1	4,06	1,85	3,84	0,35	1,09	0,4	1,39	0,1	0,33	0,25	0,98
Otros orgánicos/ Combustibles		1,2	4,87	0,45	0,93	2,1	6,51	1,8	6,23	0,65	2,17	1,2	4,68
Rechazos		3	12,18	4,15	8,61	4	12,40	1,9	6,58	2,2	7,35	2,35	9,17
Peligrosos		0,35	1,42	0,25	0,52	0,15	0,47	0,18	0,62	2	6,68	1,5	5,85
Madera		0,33	1,34	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Aluminio		0,1	0,41	0	0,00	0	0,00	0,15	0,52	0	0,00	0	0,00
Poda de jardín		0,4	1,62	1,7	3,53	0	0,00	0	0,00	1,23	4,11	0,3	1,17
Otros inorgánicos		0,3	1,22	0,68	1,41	2,05	6,36	0,3	1,04	0	0,00	0	0,00
<b>Total</b>		<b>24,63</b>	<b>100,00</b>	<b>48,19</b>	<b>100,00</b>	<b>32,25</b>	<b>100,00</b>	<b>28,88</b>	<b>100,00</b>	<b>29,92</b>	<b>100,00</b>	<b>25,64</b>	<b>100,00</b>