



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Civil

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL  
MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ**

**Manuel Alejandro Méndez Hernández**

Asesorado por el Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Guatemala, agosto de 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL  
MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MANUEL ALEJANDRO MÉNDEZ HERNÁNDEZ**

ASESORADO POR EL ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Nicolas de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 05 de noviembre de 2018.

**Manuel Alejandro Méndez Hernández**





Guatemala, 13 de julio 2022

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Coordinador del Departamento de Hidráulica  
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Aguilar:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de Graduación, **“CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ”**, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **MANUEL ALEJANDRO MÉNDEZ HERNÁNDEZ**, Registro Académico: **201314875**, como Asesor al **ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

**Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa**  
**Revisor del Departamento de Hidráulica**

Asesor  
Interesado







Guatemala, 13 de julio 2022

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Escuela de Ingeniería Civil

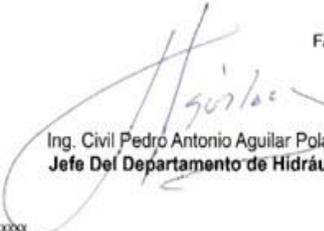
Ingeniero Fuentes:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de Graduación, **“CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ”**, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, **MANUEL ALEJANDRO MÉNDEZ HERNÁNDEZ**, Registro Académico: **201314875**, como Asesor al **ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
U S A C  
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe Del Departamento de Hidráulica  
Cc: Estudiante xxxxxxxxxxxx  
Archivo

**Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco**  
**Coordinador del Departamento de Hidráulica**

Asesor  
Interesado







LNG.DIRECTOR.172.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ**, presentado por: **Manuel Alejandro Méndez Hernández**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, agosto de 2022





LNG.DECANATO.OI.606.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL MUNICIPIO DE RABINAL BAJA VERAPAZ**, presentado por: **Manuel Alejandro Méndez Hernández**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ingra. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, septiembre de 2022

AACE/gaoc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por guiarme en cada paso de mi vida.
<b>Mi madre</b>	Gloria Marina Hernández Tecú, por su gran amor, ejemplo y dedicación.
<b>Mi hermana</b>	Narcy Liliana Méndez Hernández, por llenar mi vida de alegría y cariño.
<b>Mis tíos y tías</b>	Manuel, Luis, Blanca Hernández, Mario, Liliana y Víctor Hernández, (q. e. p. d.), por todo su tiempo, su apoyo y ejemplo.
<b>Mis primos</b>	Mario, Luis y Ángel Hernández, por ser como mis hermanos.
<b>Mis abuelos</b>	Alejandro Hernández (q. e. p. d.) y Rosalía Tecú (q. e. p. d.), por su cariño y ejemplo.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente y permitirme aportar mi grano de arena a mi país.

**Facultad de Ingeniería**

Por inculcar en mí el conocimiento necesario para poder desempeñarme como un buen profesional.

**Mi familia**

Por estar siempre a mi lado.

**Mis amigos**

Por su aprecio y amistad, y por apoyarme a lo largo de mi carrera.

**Mi asesor**

Por compartir sus conocimientos para el desarrollo de mi trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. CONCEPTOS GENERALES Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL SEGÚN EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES -MARN-.....	1
1.1. Medio Ambiente.....	1
1.2. Gestión Ambiental .....	1
1.3. Sistema de Gestión Ambiental .....	1
1.4. Sistema Hídrico .....	2
1.5. Sistema Atmosférico.....	4
1.6. Sistema Lítico .....	6
1.7. Sistema Edáfico.....	6
1.8. Sistema Biótico.....	6
1.9. Residuos Solidos.....	7
1.10. Clasificación de los residuos Solidos.....	7
1.11. Riegos de los residuos sólidos en la calidad de la salud humana.....	8

2.	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES.....	9
2.1.	Recolección y transporte.....	9
2.2.	Reducir.....	16
2.3.	Reusar o reutilizar .....	17
2.4.	Reciclar .....	17
2.5.	Compostaje .....	23
2.6.	Disposición final .....	24
2.7.	Aspectos legales del manejo de los residuos sólidos en Guatemala.....	27
3.	DATOS BÁSICOS DE RABINAL, BAJA VERAPAZ.....	33
3.1.	Ubicación y localización .....	33
3.2.	Límites y colindancias .....	35
3.3.	Clima.....	35
3.4.	Demografía .....	36
3.5.	Población .....	38
3.6.	Servicios básicos .....	38
3.7.	Economía.....	39
4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES .....	43
4.1.	Metodología .....	47
4.2.	Determinación de la producción <i>per cápita</i> (PPC) de desechos sólidos del municipio de Rabinal, Baja Verapaz .....	49
5.	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO.....	55
5.1.	Resultados de encuesta.....	56
5.2.	Resultado del peso.....	59

5.3.	Resultados del peso y porcentajes de la composición física de los desechos sólidos domiciliars.....	64
5.4.	Resultados del volumen de los desechos sólidos domiciliars.....	67
5.5.	Resultados de la densidad .....	69
5.6.	Resultado del porcentaje de humedad .....	69
5.7.	Resultado de la producción <i>per cápita</i> de los desechos sólidos del municipio de Rabinal, Baja Verapaz .....	70
5.8.	Propuesta de manejo, control y tratamiento de los desechos sólidos .....	71
CONCLUSIONES .....		73
RECOMENDACIONES.....		75
BIBLIOGRAFÍA.....		77
APÉNDICES .....		79



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Puntos de referencia recorridos .....	14
2.	Vehículo utilizado para la recolección de muestras .....	15
3.	Recolección de residuos domiciliarios .....	15
4.	Esquema del proceso de los desechos sólidos.....	26
5.	Recolección.....	26
6.	Separación y/o almacenaje .....	27
7.	Ubicación geográfica de Rabinal, Baja Verapaz .....	34
8.	temperatura máxima y mínima promedio en Rabinal .....	36
9.	Características principales .....	44
10.	Método del cuarteo.....	50
11.	Prueba de densidad .....	52
12.	Ejemplo de encuesta realizada .....	58
13.	determinación de la composición física de los residuos sólidos.....	60
14.	Descripción del método de cuarteo .....	64
15.	Proceso de clasificación.....	67
16.	Cálculo del peso y volumen de la tara.....	68
17.	Propuesta domiciliar para clasificación de residuos .....	72

## TABLAS

I.	Matriz FODA .....	11
II.	Datos de peso de la muestra .....	61
III.	Peso de los residuos clasificados .....	65
IV.	Relación porcentual de los residuos domiciliars clasificados .....	66
V.	Peso de residuo sólido.....	68
VI.	Densidades promedio de los residuos sólidos domiciliars .....	69
VII.	Determinación del contenido de humedad.....	70
VIII.	Producción <i>per cápita</i> basado en las muestras .....	71

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>km</b>	Kilómetros
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilómetros cuadrados
<b>k</b>	Kilos
<b>lt</b>	Litros
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m</b>	Metros
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Área de influencia directa</b>	Es el territorio donde potencialmente se manifiestan los impactos de los desechos de los residuos sólidos (basura) sobre la totalidad del área urbana y sus alrededores del municipio de Rabinal.
<b>Área de influencia indirecta</b>	Son los poblados que se encuentran ubicados alrededor al área de influencia directa.
<b>Basura</b>	Es todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar. Un producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero por el desechado. No necesariamente debe ser odorífica, repugnante e indeseable; depende de su origen y composición.
<b>Bioplástico</b>	Producto derivado del aceite de soja, el maíz o la fécula de patata, a diferencia de los plásticos convencionales derivados del petróleo.
<b>BM</b>	Monumento de elevación.
<b>COCODE</b>	Consejo Comunitario de Desarrollo.

<b>Compostaje o compost</b>	Material que se genera a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y sirve como estabilizador del suelo agrícola, parques, jardines y recuperación de tierras no fértiles.
<b>COMUDE</b>	Consejo Municipal de Desarrollo.
<b>CUB</b>	Comité Único de Barrio.
<b>Desecho sólido</b>	Es el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico sin utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los genera.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b><i>Per cápita</i></b>	Producción por cabeza o por individuo.
<b>Peso</b>	El peso de un determinado cuerpo se calcula a partir de la multiplicación entre la masa y la aceleración de la gravedad.
<b>Poliestireno</b>	Materia prima derivada del petróleo. El polietileno tereftalato es un polímero formado por la combinación de dos monómeros, el glicol etileno modificado y el ácido tereftalato

<b>PPC</b>	Producción <i>per cápita</i> .
<b>RCD</b>	Residuos de Construcción y Demolición.
<b>Relleno sanitario</b>	Espacio donde se depositan los residuos sólidos de una ciudad después de haber recibido determinados tratamientos para evitar contaminación.
<b>Residuo sólido orgánico</b>	Son los desechos sólidos que pueden fermentarse: cáscaras de fruta, estiércol, malezas, entre otros.
<b>Segregación</b>	Acción o efecto de segregación: separar, marginar o apartar algo, a partir de características definidas con anticipación.
<b>Tara</b>	Recipiente o vehículo que se utiliza en un laboratorio o estudio para efectos de pesaje.
<b><i>Tetrabrik</i></b>	Envase de cartón opaco impermeabilizado con aluminio, generalmente con forma de tetraedro, que se usa para envasar líquidos.
<b>Volumen</b>	Espacio que ocupa un cuerpo.



## RESUMEN

Dentro de las necesidades actuales desde el gobierno central hasta los gobiernos locales, se hace muy poco acerca de estos temas del manejo de los residuos de los desechos sólidos, es por eso que las personas de alguna manera tratan de aislar los residuos, pero no hay una manera correcta de hacerlo, lo que provoca solo trasportar el problema a otro lugar, algunas personas las llevan a destino que causan aún más daño a la naturaleza quizá otras personas recurren a la incineración, que tampoco viene hacer una solución aceptable porque no todos los desechos son combustibles, otros que a veces por el grado de humedad que contiene es difícil que este sea consumido.

Es por ello que las autoridades competentes y rectoras en el asunto proponen las rutas de cómo se deberán realizar y manejar los desechos sólidos, pero esto implica de manera precisa conocer datos relevantes tales como la producción *per cápita* PPC del lugar, y para esto es necesario conocer su población actual, ante todo esto este trabajo de graduación se compilaron todos los datos de las fuentes confiables para llegar a los resultados eficaces, y aportar ante las autoridades de turno la pronta toma de decisión correcta.

Dentro de este trabajo está compuesto de cinco capítulos, donde el primero trata de conceptos puramente técnicos avalados por el ente rector define cada uno de los conceptos básicos, luego le sigue la metodología para determinar la composición de los desechos sólidos, y el tercer capítulo habla de los datos reales importantes del municipio, el capítulo cuatro trata de la caracterización de los desechos sólidos donde fue necesario estar en el lugar para recopilar información y entrevistar las viviendas seleccionadas, luego de la recolección de

las muestras, y por ultimo las presentación de los resultados donde se obtuvo los datos importantes para la toma de alguna decisión, plan o diseñar algún sistema de manejo y recolección de los residuos de desechos sólidos.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Caracterizar los desechos sólidos domiciliarios en el municipio de Rabinal, Baja Verapaz.

### **Específicos**

1. Generar información demográfica de la localidad de Rabinal, Baja Verapaz.
2. Separar los desechos sólidos según su composición orgánica e inorgánica.
3. Determinar las principales características de los desechos sólidos (peso, volumen, densidad, porcentaje de humedad) de la comunidad de Rabinal, Baja Verapaz.
4. Establecer o proponer alguna solución para el manejo de los desechos sólidos domiciliarios que incorpore a todos los entes involucrados.



## INTRODUCCIÓN

Todo Individuo de manera consiente e inconsciente produce residuos de desechos sólidos de carácter domiciliar, cabe mencionar que en el presente trabajo únicamente se analizaron los residuos domiciliarios del municipio de Rabinal, Baja Verapaz, entonces si un individuo es capaz de generar residuos, ahora imaginemos el grupo por el cual está compuesto una vivienda, hasta llegar a la escala de sociedades, por largos años se podría mencionar que es uno de los problemas más fundamentales de las sociedades.

Grandes cantidades de basura por llamarlo así de manera popular, se producen diariamente, y en algunos casos no se cuenta con el lugar o el destino final de estos residuos, entonces las autoridades se ven en la necesidad urgente de ver cómo se dispone de un lugar adecuado para el manejo y la disposición final, antes que estos problemas provoquen daños significativos para los ciudadanos, es por eso que el problema debe manejarse consecuentemente integral donde de la mano de las autoridades, grupos organizados y los vecinos puedan trabajar en conjunto, tomando en cuenta lo presente y lo futuro, es decir, que hay ciudades y en este caso el enfoque del lugar de este estudio su crecimiento poblacional es representativo, además si incorporamos probablemente migración o turismo, que esto viene a adicionar más aun el volumen real de los habitantes.

El presente trabajo de graduación de caracterización de los residuos y desechos sólidos que produce el casco urbano de Rabinal, del departamento de Baja Verapaz, es de suma importancia conocer los aspectos técnicos, ya que estos datos aportan o ayudan de alguna manera a las autoridades para la toma

de decisiones, como por ejemplo en cuanto al tipo de transporte que se utilizará para la recolección de los desechos, o quizá la forma ambiental que se organizará para recogerla como se mencionado dentro del trabajo tal es una previa clasificación de los residuos y desechos sólidos.

Para la preparación de este trabajo fue necesario visitar el lugar antes mencionado, realizar un plan de trabajo, que incorpora un plan de recolección de las muestras, decisión del lugar de trabajo donde se realizó la caracterización además la disponibilidad de todas las herramientas necesarias para el manipuleo de los residuos sólidos, también se realizaron encuestas conforme a la guía de caracterización de los residuos desechos sólidos propuesto por el ente rector, en este caso el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, las encuestas fueron hechas directamente a las viviendas seleccionadas en varios puntos y de manera dispersa tal que cubriera o tuviese cobertura toda el área de influencia del estudio.

Con esto se contribuye o se aporta con una parte de datos confiables que se utilizará para las decisiones y el manejo más adecuado posible sobre los residuos de desechos sólidos domiciliarios, además, una de las propuestas es que la basura debe salir clasificada desde su origen, su clasificación debe realizarse de manera tal como lo dicta el ente rector, como los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.

# **1. CONCEPTOS GENERALES Y CONCEPTOS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL SEGÚN EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES -MARN-**

## **1.1. Medio Ambiente**

Ambiente o medio ambiente, es el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí en permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al ser humano.

## **1.2. Gestión Ambiental**

Conjunto de procesos, operaciones técnicas y actividades gerenciales, que tienen como objetivo asegurar el desempeño ambiental en el proceso de la evaluación, control, seguimiento y vigilancia ambiental como parte de las fases de planificación, ejecución y vida útil de los proyectos, obras, industrias y actividades que operen dentro de las normas legales, técnicas y ambientales requeridas por ley.

## **1.3. Sistema de Gestión Ambiental**

En un Sistema de Gestión Ambiental, (SGA) es un ordenamiento de un conjunto de variedades de información y fenómenos con marcos de referencias legales, técnicos, que procura con personas relacionadas con los temas medio ambientales sensibiliza a las personas que se encuentran dentro del medio.

Dentro del estructurado proceso para un resultado continuo cuyo alcance se ve afectado por lo económico y de otra índole, en síntesis, es una herramienta fundamental que nos permite el control sistemático de un buen desempeño ambiental.

#### **1.4. Sistema Hídrico**

Cuando se hace referencia al sistema hídrico, se está hablando de una convergencia de varios asuntos relacionados a la administración del agua, es en consecuencia un conjunto de disposiciones que evalúan y consideran la necesidad la formación de normas, reglas, procedimientos, que apoyen a la calidad del agua, pero aún más allá que se generen las políticas equitativas, que en su continuo dinámico procedimiento se evalúe y se actualicen las disposiciones para velar por la salubridad del agua y su correspondiente saneamiento, además se deberá promulgar y velar por la investigación de las aguas pertenecientes al interior del país, como por los litorales y aguas oceánicas, produciendo la administración como un sistema integral Hídrico.

- **Uso consuntivo**

El crecimiento de la población y de su poder adquisitivo supone un incremento en la demanda y la presión sobre los recursos hídricos, tanto por el aumento del consumo doméstico, como por el aumento del consumo para actividades productivas. El acelerado crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) en Guatemala en los últimos años es proporcional al crecimiento de la demanda de consumo de agua de los sectores agropecuario e industrial.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe ambiental del estado de Guatemala. GEO Guatemala 2009.* p.90.

- **Uso no consuntivo**

Los usos no consuntivos utilizan el 5 % de la oferta hídrica y corresponden casi en su totalidad al uso del agua para la generación de energía hidroeléctrica. En general, la demanda de energía ha incrementado a un ritmo sostenido y, aunque la generación de energía eléctrica ha crecido también, su participación en la matriz energética ha disminuido ligeramente.<sup>2</sup>

- **Disponibilidad**

Gracias al régimen de lluvias de su territorio, Guatemala cuenta con una amplia disponibilidad promedio anual de agua (97 120 millones de m<sup>3</sup>, entre aguas superficiales y subterráneas) que supera abundantemente la demanda actual. Esta oferta se distribuye geográficamente en el país de la siguiente manera: 22 973 millones de m<sup>3</sup> (24 %) en la vertiente del océano Pacífico; 40 922 millones de m<sup>3</sup> (42 %) en la vertiente del golfo de México y 33 224 millones de m<sup>3</sup> (34 %) en la vertiente del mar Caribe.<sup>3</sup>

- **Acceso a agua potable**

El porcentaje de la población con acceso a agua potable en Guatemala evolucionó de 75 % a 86 %; sin embargo, hay diferencias según el contexto que se analice, siendo la proporción de población urbana con acceso a este recurso mucho mayor que la rural: 95 % y 82 % respectivamente.

En los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Suchitepéquez, Retalhuleu y Escuintla existe el mayor número de hogares que se abastecen de fuentes naturales (ríos, lagos, manantiales, lluvia y pozos perforados). Puede considerarse que es en estos departamentos en donde mayor riesgo existe de contraer enfermedades derivadas de ingerir agua con problemas de contaminación, es decir, no entubada y eventualmente potabilizada.

- **Precio del agua**

Aunque en algunos casos se puede determinar un costo o precio tomando en consideración diferentes análisis económicos, el proceso de determinar el costo del agua es más difícil que para otros bienes, pues es un bien que se mueve (lo que no pasa con la tierra o con un bosque). Lo que comúnmente se ve como el precio o valor del agua, son los costos de inversión de las obras de captación, así como los costos de operación y mantenimiento para extraer, transportar, purificar o limpiar el agua. En Guatemala, el precio financiero y económico del agua es prácticamente igual a cero con excepción del agua potable y raras veces el agua de riego.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe ambiental del estado de Guatemala. GEO Guatemala 2009*. p.93.

<sup>3</sup> *Ibíd.*

<sup>4</sup> *Ibíd.* p.96.

Cuando se habla de contaminación hídrica o del agua se hace referencia a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con sus usos posteriores o sus servicios ambientales potenciales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua está contaminada cuando su composición se ha alterado de modo que no reúne las condiciones necesarias para el uso al que se la ha destinado.

Según el diagnóstico realizado por la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) de Guatemala, la contaminación del agua en las distintas cuencas del país se debe a fuentes puntuales (aguas residuales domésticas, industriales y agroindustriales) y no puntuales (erosión del suelo con agroquímicos durante los eventos de precipitación y escorrentía).

## **1.5. Sistema Atmosférico**

Dentro de la atmosfera se encuentra conformado por varios componentes, que básicamente resulta ser el aire, de forma elemental está constituido por el mayor porcentaje de nitrógeno y le prosigue en otro porcentaje menor el oxígeno, mientras que el resto que viene hacer un porcentaje menor lo constituyen diversidad de gases, tales como dióxido de carbono, argón, neón y helio, entre algunas otras partículas de polvos.

Las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, principalmente, contribuyen al efecto invernadero, y, por ende, al cambio climático global; pero también afectan la salud humana, el clima y los ecosistemas a una escala más local. Las emisiones son más acusadas en las ciudades, pues el viento, las variaciones de temperatura, la cantidad de radiación solar y lluvia influyen en la distribución, dispersión y concentración espacial de los contaminantes<sup>5</sup>.

En el capítulo I, del sistema atmosférica artículo 14, de la Ley de Protección y Mejoramiento del ambiente, se indica que técnicamente el sistema atmosférico,

---

<sup>5</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe ambiental del estado de Guatemala. GEO Guatemala 2009*. p.75.

hace referencia al aire, del cuidado que se debe tener sobre esta y establece varios incisos que se deben de proteger y cuidar.

- Principales causas de contaminación en la atmósfera
  - Incremento vehicular: ya que la mayoría de vehículos utiliza gasolina como combustible.
  - Energía eléctrica: la energía eléctrica producida proviene de generación térmica (que usa combustibles derivados del petróleo y carbón mineral) una de las mayores fuentes de contaminación del aire.
  - Generación, composición y disposición de desechos sólidos: su volumen se originó en actividades productivas, principalmente a partir de las industrias cárnicas (35 %), químicas (15 %), la fabricación de productos minerales no metálicos (10 %), los cultivos no tradicionales (10 %) y tradicionales (5 %); el consumo final de hogares generó poco más del 1 %. Sin embargo, el impacto que causa la basura doméstica en los botaderos clandestinos y en los municipales mal manejados es mucho más notorio (entre otros factores), por su cercanía a los centros de población a los que están asociados

Además de la emisión de polvo, malos olores, polución de aguas y suelos, proliferación de plagas y contaminación visual, los residuos sólidos generan al menos el 5 % de metano emitido por el país (considerando que un metro cúbico de desechos sólidos emite 0,03 toneladas de este gas).

El 65 % de los residuos sólidos domésticos son de origen vegetal o animal pueden ser una fuente de contaminación (sin tratamiento) o un elemento para la rehabilitación y fertilización de suelos (si se estabilizan y biodegradan mediante bacterias, hongos y lombrices). La cantidad de residuos biológico-infecciosos generada en las instituciones de salud es relativamente pequeña (menos del 1% de los residuos sólidos generados al año).<sup>6</sup>

- Emisiones contaminantes y sus efectos en la calidad del aire
  - Gases de Efecto Invernadero: aunque su efecto colateral en el sistema climático global sea muy modesto, es notable el aumento en los últimos años de las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Dichos gases provienen de la generación de energía, procesos industriales, agricultura, cambio y uso de la tierra y desechos en el país. La cantidad de metano generada en el país (por la infinidad de botaderos de basura municipal y agrícola y la producción de carne y leche vacuna) equivale

---

<sup>6</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe ambiental del estado de Guatemala. GEO Guatemala 2009*. p.78.

aproximadamente a 1,4 millones de toneladas anuales de dióxido de carbono, pero es veinte veces más nocivo para el cambio climático que este último.<sup>7</sup>

## **1.6. Sistema Lítico**

Este sistema es la administración de la tierra basados para sus diferentes usos más que todo desde la perspectiva agrícola, y lo que demanda el Capítulo III de la Ley de Protección y Mejoramiento del ambiente, en su inciso a) es prevenir el deterioro del sistema en relación con las rocas, y los minerales.

## **1.7. Sistema Edáfico**

Con este sistema se habla de la tierra basados para sus diferentes usos más que todo desde la perspectiva agrícola, y lo que demanda el Capítulo III de la Ley de Protección y Mejoramiento del ambiente, en su inciso a) es prevenir el desgaste o deterioro de los suelos, donde se propone todas esas actividades que puedan afectar a la salud humana y que se haga correcta las normas de evaluación de impactos ambientales a efectos de prevenirlas.

## **1.8. Sistema Biótico**

Una síntesis de la modelación espacial de las presiones sobre las diferentes ecorregiones del país incluyó contaminantes (aguas servidas/desechos industriales y desechos sólidos), extracción de recursos renovables (extracción de madera, leña y productos no maderables, cacería y pesca) y no renovables (minería y extracción de petróleo), infraestructura (construcción de represas hidroeléctricas y caminos), actividades productivas realizadas de manera no

---

<sup>7</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Informe ambiental del estado de Guatemala. GEO Guatemala 2009.* p.81.

sostenible (agricultura, ganadería y turismo), incendios y cambio de uso de la tierra (avance de la frontera agrícola, urbanización, invasiones y usurpación).

### **1.9. Residuos Sólidos**

Aquellos cuya naturaleza no representa en sí misma un riesgo especial para la salud humana o al ambiente, por lo que no poseen características, tóxicas, corrosivas, reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes, radioactivas u otras de similar riesgo.

### **1.10. Clasificación de los residuos Solidos**

Deberán ser separados mediante al momento de su generación de acuerdo a la clasificación siguiente:

- Clasificación primaria
  - Orgánico
  - Inorgánico
  
- Clasificación secundaria
  - Papel y cartón
  - Vidrio
  - Plástico
  - Metal
  - Multicapa
  - Otros

### **1.11. Riesgos de los residuos sólidos en la calidad de la salud humana**

- La recolección de los residuos y los desechos sólidos comúnmente generados en áreas públicas y privadas deben efectuarse como máximo a setenta y dos horas.
- Únicamente el personal asignado puede llevar a cabo esta labor para permanecer dentro del área asignado para el transporte de los desechos sólidos comunes.
- Garantizar el transporte físicamente separado de las diferentes categorías de segregación establecidas ya sea por medio de los espacios divididos en las cámaras de los vehículos, recolección separativa por día u otra provisión logística según su manejo integral.

## **2. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

A continuación, se describen importantes temas que incorporan parte del entorno para la recolección de los residuos sólidos domiciliarios, estos requerimientos se hacen y se aplican por instituciones tales como municipalidad y otros entes privados que laboran para el proceso de recolección de residuos sólidos domiciliarios.

### **2.1. Recolección y transporte**

La recolección de desechos sólidos implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados. Este puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. La recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de la recolección; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90 % del costo total.

Los vehículos destinados al transporte de la recolección de desechos domiciliarios deben reunir las condiciones propias para esta actividad.

- Camiones recolectores abiertos: son camiones con barandales de madera o camiones de volteo. Pueden usarse únicamente para ciertas clases de basura como ramas de árboles, muebles rotos, restos de trabajos de jardín y otros residuos.
- Camiones recolectores cerrados: dependiendo del equipo mecánico que posean, los camiones recolectores cerrados pueden ser de dos tipos:

cajas metálicas con puertas y volteo mecánico, pero sin compactación y cajas cerradas con sistema para compactar basura.

Estos equipos son a prueba de agua, evitan el derrame de material suelto e impiden la filtración de líquidos del vehículo, los camiones sin compactación generalmente tienen tapas corredizas que evitan que la basura quede a la vista, abriéndose solo la parte de la caja que se está cargando; en contraste los camiones recolectores con sistema para compactar la basura son de diseño muy variado, se distinguen dependiendo del sistema de compactación que ocupen, del lugar y forma de carga y del método de vaciado.

- Camiones especiales para levantar contenedores: son camiones recolectores con dispositivos hidráulicos acoplados al chasis para levantar contenedores y trasladarlos, o descargarlos en el mismo camión recolector.

Para la toma de decisión estratégica para la recolección de desechos sólidos del municipio de Rabinal es de suma importancia realizar un diagnóstico que ayude a plantear las acciones para poner en marcha la recolección.

Se propone un análisis FODA que permita facilitar los aspectos internos y externos que interfieren dentro del casco urbano para prestación del servicio en mención, la cual se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla I. **Matriz FODA**

	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
	<p><b>F-1.</b> Personas profesionales y expertas para la coordinación para el servicio de recolección de residuos sólidos.</p> <p><b>F-2.</b> Apoyo a la corporación municipal, específicamente a la oficina que tiene a cargo los servicios públicos o agua y saneamiento.</p> <p><b>F-3.</b> Lugar específico para el tratado de los residuos sólidos.</p> <p><b>F-4.</b> Tener disponibilidad de espacio por posible crecimiento de la planta.</p> <p><b>F-5.</b> Preparación continua de los procesos operativos.</p> <p><b>F-6.</b> Todas las condiciones que engloban la salud humana y la higiene industrial.</p>	<p><b>D-1.</b> No contar con el personal adecuado para uso de la maquinaria o el manejo del tren de aseo.</p> <p><b>D-2.</b> No contar con el personal técnico suficiente para identificar los problemas y solventar las situaciones.</p> <p><b>D-3.</b> La falta de inducción de los trabajos establecidos.</p> <p><b>D-4.</b> El desconocimiento parcial de manuales o herramientas como material de apoyo que establezcan las funciones.</p> <p><b>D-5.</b> La falta de recursos para cubrir este tipo de servicio.</p> <p><b>D-6.</b> No contar con los servicios básicos y necesarios para operativizar.</p>

Continuación de la tabla I.

Oportunidades	Estrategias F-O	Estrategias D-O
<p><b>O-1.</b> Aprovechamiento de los recursos financieros gubernamentales por las diferentes instituciones.</p> <p><b>O-2.</b> Aprovechamiento de las instituciones rectoras y la asistencia técnica de instituciones gubernamentales.</p> <p><b>O-3.</b> El aprovechamiento de entes privados, semiprivados que estén dispuestos a prestar servicios públicos mediante convenios o políticas que convengan al municipio.</p> <p><b>O-4.</b> De la conveniencia del buen servicio aumentaría la probabilidad de usuarios que requieren el servicio para incrementar los ingresos.</p> <p><b>O-5.</b> El aprovechamiento al máximo de todos los recursos naturales y reciclables.</p> <p><b>O-6.</b> La eliminación radical de posibles basureros clandestinos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proponer un modelo de trabajo que incorpore el cuidado hacia el medio ambiente enfocado a la población (F-1, O-1, O-2, O-3, O-4 y O-6).</li> <li>2. Direccionar la prestación del servicio de recolección de basura domiciliar con posibles entes privados (F-2 y O-3).</li> <li>3. Constante personal permanente para mejorar la prestación de servicios del proceso de recolección de residuos (F-1, F-2, F-3, O-1 y O-6).</li> <li>4. Constante solicitud de estudiantes, de preferencia de pregrado en la rama de ingeniería que permitan y ayuden a mejorar los procedimientos para los servicios públicos (F-1, F-2, O-1 y O-6).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear manuales, normas y reglas que garanticen la continuidad de los procesos de recolección (D-2, D-3, D-4 y O-1).</li> <li>2. Detallar de manera lógica los procedimientos de trabajo (D-3, O-1, O-2 y O-3).</li> <li>3. Implantar manuales que dicten las funciones para el personal de la planta de tratamiento de residuos sólidos (D-4, O-1, O-2 y O-3).</li> <li>4. Presto para recibir el recurso financiero, el asesoramiento de profesionales especialistas en la rama para la formulación de propuestas (D-5, O-1 y O-2).</li> <li>5. Planificación anual de las rutas de recolección (D-1, D-2, D-3, O-4 y O-6).</li> </ol>

Continuación de la tabla I:

Amenazas	Estrategias F-A	Estrategias D-A
<p><b>A-1.</b> Baja demanda en la población en la cobertura del servicio de recolección.</p> <p><b>A-2.</b> Oposición de personas o vecinos para el pago de este tipo de servicio.</p> <p><b>A-3.</b> Alto costo del mantenimiento para el tratamiento final de los desechos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La administración por parte de alguna oficina municipal que se responsabilice por los manejos administrativos, financieros y técnicos para mejorar la atención y prestación del servicio (F-1, F-2, F-3, F-4, A-1 y A-2).</li> <li>2. Horarios estratégicos y horarios de trabajo para cubrir todo lo relacionado con la recolección de desechos sólidos (F-1, F-2, F-5, A-1 y A-2).</li> <li>3. Planificar estrategias de concientización a través de reuniones a Cocodes, comités o grupos organizados lícitos (F-1, F-2, F-4, A-1 y A-2).</li> <li>4. Estar conscientes de la protección humana para la época lluviosa y la época seca (F-1).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Afianzar la buena administración mediante reglamentos internos que sean eficientes y concretos con la información de los servicios públicos (D-1 y A-1).</li> <li>2. Informar y proporcionar a la población los costos que intervendrán en este tipo de prestación de servicio (D-2 y A-1).</li> <li>3. Protección hacia las cuencas, los cuerpos de agua, el medio ambiente para el depósito de los desechos sólidos recolectados (A-1 y A-2).</li> </ol>

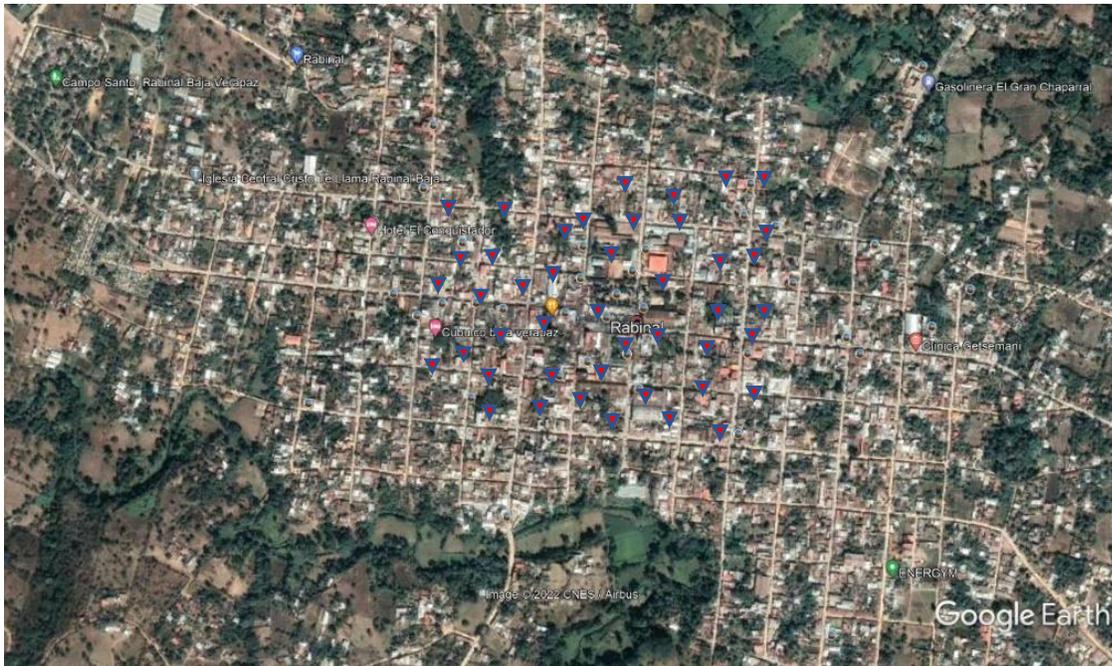
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Derivado del análisis y evaluación, la recolección se basó en puntos estratégicos del casco urbano del municipio de Rabinal, Baja Verapaz con representantes de las diferentes personas involucradas para realizar la caracterización de los desechos sólidos domiciliarios.

- Persona interesada e involucrada en conocer la caracterización de los desechos sólidos (estudiante Manuel Méndez).
- Representante de la municipalidad.
- Representante del Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE).
- Vecinos y vecinas de los diferentes sectores del casco urbano.

Para este proceso de recolección de las muestras se utilizó un vehículo tipo Pick up como medio de transporte en todos los puntos de referencia.

**Figura 1. Puntos de referencia recorridos**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Maps.

Figura 2. **Vehículo utilizado para la recolección de muestras**



Fuente: elaboración propia, Rabinal, Baja Verapaz.

Figura 3. **Recolección de residuos domiciliarios**



Fuente: elaboración propia, Rabinal, Baja Verapaz.

## **2.2. Reducir**

Las personas no deberían producir tantos residuos al consumir diversos productos, lo primordial al consumir debe ser reducir o minimizar los residuos generados en cualquier lugar y actividad, como el hogar, lugares de trabajo, instituciones educativas, áreas de recreo, entre otros. El volumen generado por los desechos sólidos generados por las personas está ligado a factores como: educación, cultura, ingresos económicos y nivel social.

Con la finalidad de reducir la generación de desechos sólidos se recomienda lo siguiente:

- Siempre que se pueda, comprar artículos por mayor, o en presentaciones de gran cantidad, con la finalidad de evitar una generación excesiva de empaques, bolsas, entre otros.
- Comprar artículos con presentaciones que ofrezcan la menor cantidad posible de empaques.
- Evitar el consumo de productos en presentación de envase desechable y preferir productos de envase retornable.
- En la medida que la situación lo permita, evitar el consumo de bolsas plásticas.

### **2.3. Reusar o reutilizar**

Son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima, entre estos residuos se encuentran: algunos papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso, entre otros.

### **2.4. Reciclar**

Significa volver a usar, como materia prima, elementos utilizados y descartados anteriormente para producir otros nuevos. Esta tarea permite una sensible disminución de los residuos, a la vez que ahora enormes cantidades de agua y energía.

Este proceso es bastante importante, ya que se pueden reutilizar desde papeles, cartones, plásticos, hasta pilas (baterías). Las pilas usadas no son un residuo cualquiera. Son un residuo especial, tóxico y peligroso, baterías y aceites sucios; sin dejar de lado la fracción de los residuos sólidos, pertenecientes a la materia orgánica, los cuales, son aprovechados casi en su totalidad.

- **Residuos plásticos**

Los plásticos se han fabricado para satisfacer las demandas de una gran variedad de usos, en el mejoramiento de las condiciones de la vida del ser humano y en el acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología; en general, las personas tienen muy poco conocimiento sobre el plástico, cómo se obtiene, los tipos y sus aplicaciones y sus procesos de transformación.

El plástico se produce a partir del ácido tereftálico y etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe postcondensar, existen diversos colores para estos usos.

Los usos más cotidianos son: envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios, películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera en productos alimenticios, envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles, películas radiográficas, entre otros.

Con respecto al aspecto financiero del reciclaje, un proceso adecuado y bien planificado es capaz de generar ingresos atractivos. Por lo antes mencionado, se hace ineludible mejorar y establecer nuevas tecnologías en cuanto a los procesos de recuperación de plásticos y buscar solución a esta problemática tan nociva para el ambiente y que se encuentra a diario en deterioro.

El reciclado mecánico consiste en un proceso físico en que el plástico, luego de ser utilizado en procesos industriales, se vuelve a poner en circulación para su reutilización. Este proceso de reciclado es el más usado actualmente.

Existen dos fuentes para la obtención de residuos plásticos:

- RSU: plásticos obtenidos de residuos sólidos urbanos.
- SCRAP: residuos plásticos sobrantes de procesos industriales. Su proceso de reciclaje es más simple debido a que su composición está en estado puro y homogéneo, ya que no posee más tipos plásticos.

Existen tres tipos de clasificación de residuos plásticos, según su grado de organización:

- Residuos simples: plásticos previamente diferenciados por tipos.
  - Residuos mixtos: varios tipos de plásticos mezclados.
  - Residuos mixtos combinados con otros residuos: varios tipos de plásticos mezclados y combinados con otros residuos como metal, papel y cartón, previamente diferenciados por tipos.
- Vidrio

En la fabricación del vidrio se utiliza silicio que le da resistencia al carbonato de calcio y que le proporciona durabilidad. En el reciclaje del vidrio se utiliza como materia prima la calcina o vidrio desecho. Su fusión se consigue a temperaturas mucho más reducidas que las de la fusión de minerales, por lo tanto, existe un ahorro energético muy considerable.

El reciclaje del vidrio es el proceso mediante el cual se convierte desechos de vidrio en materiales que servirán para la creación de nuevos productos. Este reciclaje permite reducir la cantidad de residuos que luego se llevan al vertedero, lo que supone un ahorro tanto de materias primas como de energía respecto a la fabricación de vidrio a partir de materias primas nuevas.

El reciclaje consiste en que este tipo de residuos sólidos domiciliarios se deben lavar para desechar los contaminantes, si existiesen. Realizado esto, el vidrio se procesa por fundición a grandes temperaturas para, luego, formar de esta manera nuevos envases y una gran variedad de objetos de adorno. Este

material es uno de los más apetecibles para los recolectores, ya que la inversión física y económica es de bajos parámetros y se podrá obtener, a cambio, una remuneración económica atractiva.

- Residuos de envases *tetrabrik*

Su comercialización inicia en 1963, son envases formados de varios materiales: lámina de cartón, otra de aluminio y otra de plástico. Una de las grandes ventajas que ofrece al consumidor es su gran ligereza y su capacidad de conservación de los alimentos en condiciones adecuadas.

Se fabrican a partir del papel-cartón sobre el que se imprime el diseño comercial del cliente. Posteriormente, se laminan con papel de aluminio y por último un film de polietileno. A partir de los rollos así obtenidos se procede en las plantas a fabricar los envases.

De este tipo de residuos sólidos domiciliarios en su recuperación del papel, cartón, plástico y aluminio, se pueden obtener planchas de aglomerado que se pueden utilizar para la confección de distintos muebles en general, previo a la separación química del aluminio.

- Residuos de escombros

Este tipo de residuos domiciliarios por sus características de origen solo son utilizados en rellenos de terrenos por su misma consistencia a la compresión. El sector de la construcción y demolición es una de las actividades que más residuos sólidos domiciliarios de escombros genera, pero a pesar del gran volumen producido y del reconocido potencial de reutilización de este tipo de

desechos, la mayor parte es llevada a vertederos. Este es el método más empleado para la evacuación de los escombros de la industria de la construcción.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se generan en las actividades propias de construcción, remodelación, rehabilitación, reforma y demolición o derribo de casas o infraestructuras, incluidos los de obra menor y reparación domiciliaria. Suponen un componente muy importante en los flujos de residuos locales y regionales debido a los grandes volúmenes generados.

- Residuos de papeles y cartones

El consumo de papel y de cartón ha venido en crecimiento exponencial a nivel mundial, son un factor fundamental la cultura y costumbres de cada población; los beneficios del reciclaje son de gran aporte para la conservación del medio ambiente. Entre sus principales beneficios se pueden encontrar:

- Disminución de la necesidad de fibras vegetales y vírgenes.
- Disminución del volumen de residuos sólidos domiciliarios.
- Disminución de la contaminación atmosférica y de los mantos freáticos.
- Disminución de la tala inmoderada de árboles

El papel reciclado se fabrica sin utilizar cloro en su proceso de blanqueado de la pasta. Puede obtenerse papel ecológico a partir de papel reciclado, que garantiza la mínima utilización de productos químicos y la depuración de las

aguas residuales. Se considera un papel reciclado para escritura e impresión el que como mínimo tiene un 90 %, en peso, de fibras de recuperación.

El papel reciclable no se debe mezclar con papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado, encerado y otros. La fase de separación de la tinta se lleva a cabo mediante la adición de un jabón biodegradable y la inyección de aire para crear burbujas a las que se adhiere la tinta, la cual se concentra y se transporta a un centro de tratamiento. El rendimiento del papel viejo es alto, un 90 % aproximadamente, frente al 50 % del rendimiento celulósico de la madera.

- Residuos de muebles y electrodomésticos

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios no se reciclan, por lo que se les denomina muertos. Por lo tanto, se necesita una gestión adecuada cuando dejen de ser útiles.

En varios países, los residuos sólidos domiciliarios especiales son los que requieren de un tratamiento específico, por ende, no se deben mezclar con ninguno de los otros residuos sólidos domésticos ordinarios, ya que podrían actuar muy negativamente en el medio ambiente.

Los clorofluorocarburos, conocidos como CFC, son los principales responsables de que los refrigeradores y otros aparatos de refrigeración, que también los contienen, deban considerarse como residuos especiales.

Si los CFC (clorofluorocarburos) se liberan a la atmósfera ayudan a apresurar la destrucción de la capa de ozono, que filtra la radiación solar, de manera que una parte importante de los rayos ultravioleta son absorbidos y no

llegan a la superficie terrestre; cuando el grosor de la capa de ozono disminuye, se produce un aumento de la radiación ultravioleta que la atraviesa.

- Residuos de metales en general

Este tipo de residuos sólidos domiciliarios de metales se recuperan en su mayor parte en el sector informal por chatarreros y pepenadores y no existen datos sobre las cantidades de productos manejados. En este apartado se dará especial importancia a los metales más comerciales:

- Acero
- Aluminio

## **2.5. Compostaje**

Es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia, rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excremento de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener *compost*, abono excelente para la agricultura.

Es una alternativa que se ha desarrollado, de manera incipiente, en algunos lugares y regiones, y de manera más completa, en otras regiones de Latinoamérica y el mundo. Tal solución se propone como una medida altamente eficiente. Este proceso se da principalmente, para aprovechar las fracciones orgánicas de los residuos sólidos. El *compost* se puede definir como el resultado de un proceso de unificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El *compost* es un nutriente para el suelo, que mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión y la absorción de agua y nutrientes, por parte de las plantas. El *compost* es una alternativa viable, que

depende de la calidad y buena gestión de sus promotores. Puede aprovecharse entre el 50 y 60 % de los residuos sólidos ordinarios, en este producto.

La basura genera dos tipos de gases:

- Gases de invernadero: son el metano y el bióxido de carbono cuyas propiedades son retener el calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmósfera.
- Degradadores de la capa de ozono: hay productos que, por la naturaleza de su fabricación y los agentes químicos utilizados en su elaboración, generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases son conocidos como clorofluorocarburos y se emplean en la fabricación de productos de poliestireno, aerosoles para el cabello, algunas pinturas y desodorantes. Cuando los envases de estos productos son desechados a la basura se convierten en fuentes de emisión de estos gases.

## **2.6. Disposición final**

La disposición final es la última etapa operacional del servicio de recolección de residuos sólidos. El método de disposición final de prácticamente todos los desechos sólidos lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente.

Para el tratamiento y disposición final de los desechos domiciliarios recolectados por el tren de aseo se ha puesto por parte de las autoridades locales y gubernamentales transformar todo lo relacionado con materia orgánica en compost, realizando esto a través del proceso llamado aerobio, técnicamente

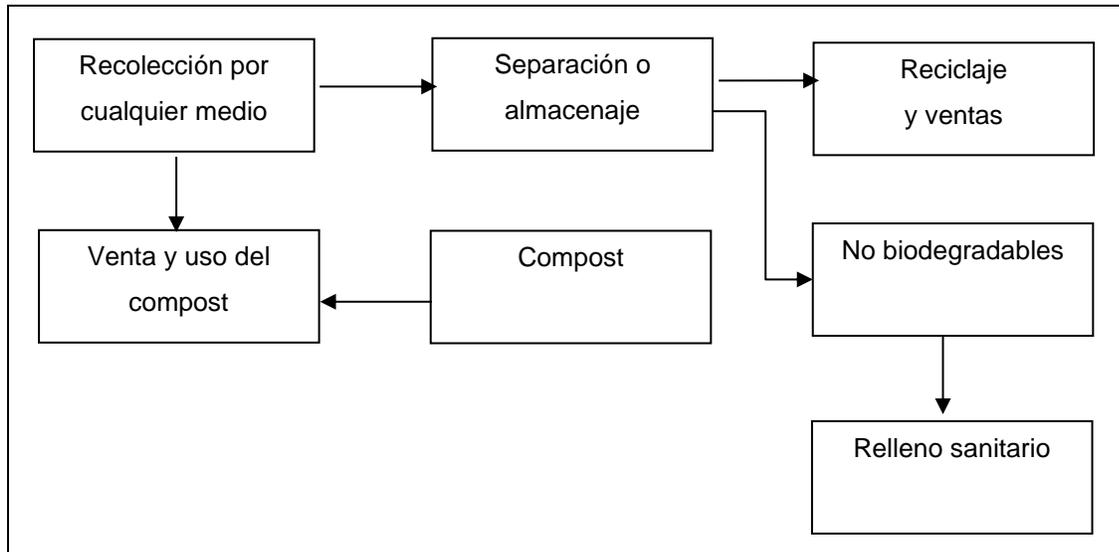
hablando celdas cerradas con ventilaciones inducidas y controladas, también aprovechar los materiales que pueden hacerse reciclables y venderlos dentro del mercado nacional, y la parte de la basura que no es posible transformarla o reusarla pueda pasar a un relleno sanitario.

- Descripción técnica

La planta de tratamiento de desechos sólidos inicia a funcionar desde la recolección domiciliar desde los desechos sólidos efectuadas por cualquier medio o el que se disponga para la recolección, se debe considerar que cada domicilio apesure a realizar la separación preliminar entre lo orgánico y lo inorgánico, biodegradable y no biodegradable.

El proceso de tratamiento de la disposición final de los desechos sólidos comienza cuando por cualquier medio de recolección las conduce a un depósito considerable o lugar adecuado para su selección y almacenaje de los objetos reciclables posteriormente se sigue con la fracción biodegradable a las celdas de compostaje. De lo clasificado o resultantes rechazados, es decir, no biodegradables se conducen al relleno sanitario.

Figura 4. **Esquema del proceso de los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Figura 5. **Recolección**



Fuente: elaboración propia, Rabinal, Baja Verapaz.

Figura 6. **Separación y/o almacenaje**



Fuente: elaboración propia, Rabinal, Baja Verapaz.

## **2.7. Aspectos legales del manejo de los residuos sólidos en Guatemala**

En el país existen normas y reglamentos de caracterización de desechos sólidos. A continuación, se presentan las más importantes.

La legislación vigente ha creado múltiples instituciones a las cuales el Estado les ha asignado atribuciones y funciones vinculadas con los recursos naturales. Las instituciones asociadas al tema ambiental se agrupan y dividen en aquellas que se vinculan con el marco jurídico del tema ambiental y las vinculadas con la administración de justicia. A continuación, se hará una breve descripción

de las instituciones cuyas responsabilidades ambientales fueron delegadas por parte del Estado. También se citará textualmente y en forma resumida la legislación vigente hasta la fecha en materia ambiental, la cual está conformada desde la misma Constitución Política de la República de Guatemala, varios Acuerdos Legislativos Ministeriales, Decretos Gubernativos, Leyes y Convenios Internacionales.

- Constitución Política de la República de Guatemala (1985)

Actual ley fundamental de Guatemala donde están determinados los derechos de los habitantes de la nación, la forma de su gobierno y la organización de los diferentes poderes públicos.

Sección Séptima. Salud, Seguridad y Asistencia Social. Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.<sup>8</sup>

- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001

Le corresponde formular y hacer cumplir el régimen jurídico relativo a la salud preventiva y curativa y a las acciones de protección, promoción, recuperación y rehabilitación de la salud física y mental de los habitantes del país y a la preservación higiénica de medio ambiente.

Artículo 1. El presente reglamento tiene como finalidad dar cumplimiento a lo preceptuado en el artículo 106 del Código de salud, así como de las disposiciones relativas a la preservación del medio ambiente contenidas en la Ley del Organismo Ejecutivo y la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente en cuanto a las descargas y emisiones al ambiente, concernientes, particularmente al manejo de

---

<sup>8</sup> Constitución Política de la República de Guatemala. *Asamblea Nacional Constituyente*. Guatemala. 1985. p. 1.

desechos que comprende la recolección, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos, provenientes de los hospitales públicos o privados, centros de atención médica autónomos o semiautónomos y de atención veterinaria. Los desechos generados por los mataderos o rastros deben manejarse de conformidad con el reglamento que para tal efecto se emita.

Artículo 2. Para dar cumplimiento a leyes indicadas con anterioridad, este reglamento, regula los aspectos relacionados con la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos hospitalarios que por su naturaleza se consideran tóxicos, radiactivos o capaces de diseminar elementos patógenos, sí como los desechos que se producen en las actividades normales de los centros de atención de salud humana o animal, tales como: hospitales tanto públicos como privados, clínicas, laboratorio y cualquier otro establecimiento de atención en salud y veterinario.

Artículo 3. Definiciones. Para efectos de este reglamento se entenderá por:

- a) Empresa de disposición: cualquier entidad pública o privada, individual o jurídica, que se dedique a la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos infecciosos, químicos peligrosos, farmacéuticos y radiactivos decaídos.
- b) Ente generador: se define como ente generador a toda unidad del sector público o privado en donde exista práctica de la medicina humana o veterinaria, incluyendo a las morgues, los laboratorios, así como a todo tipo de centro que, con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación, produzca desechos sólidos de los incluidos dentro de presente Reglamento.
- c) Desecho hospitalario: son los desechos durante el desarrollo de sus actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general, cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de la salud.
- d) Desecho hospitalario bioinfeccioso: son los desechos generados durante las diferentes etapas de la atención de salud (diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones y otros), y que por lo tanto han entrado en contacto con pacientes humanos o animales y que representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo al grado de exposición que han tenido con los agentes infecciosos que provocan las enfermedades.

Artículo 8. Obligación de Incineradores. Los entes generadores, tanto público como privados, quedan obligados de conformidad con las disposiciones del Código de Salud, a adquirir, instalar y mantener en forma individual o conjunta, incineradores para la disposición final de los desechos que produzcan y que sean considerados como infecciosos de conformidad con el presente reglamento, cuyas especificaciones y normas quedarán establecidas de conformidad con lo preceptuado en el capítulo sexto del presente reglamento. Podrán, asimismo,

contratar los servicios de empresas de disposición que se encuentren debidamente autorizadas por el Departamento de Salud y Ambiente.

Artículo 41. Disposición general. Todo lo referente al régimen de infracciones y sanciones se estará a lo que sobre dicha materia disponen los artículos 216, 217, 218, 219, 220, 221 y 222 del Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, Código de salud.<sup>9</sup>

- Código Civil

Conjunto de leyes en Guatemala que rigen los vínculos civiles establecidos por personas, tanto físicas como jurídicas, ya sea privadas o públicas.

Artículo 480. No se puede poner contra una pared medianera que divida dos predios de distinto dueño, ninguna acumulación de basura, tierra, estiércol u otras materias que puedan dañar la salubridad de las personas y la solidez y seguridad de los edificios. Tanto en estos casos como en los enunciados en el artículo anterior, a falta de reglamentos generales o locales, se ocurrirá a un juicio pericial.

Artículo 1672. Los propietarios, arrendatarios, poseedores y, en general, las personas que se aprovechan de los bienes responderán igualmente:

- 1) Por los daños o perjuicios que causen las cosas que arrojen o cayeren de los mismos;
- 2) Por las emanaciones de cloacas o depósitos de materias infectantes;
- 3) Por los desagües, acueductos, instalaciones, depósitos de agua, materiales o sustancias que humedezcan o perjudiquen la propiedad del vecino.<sup>10</sup>

- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86

Mediante esta ley se define que el Estado, las municipalidades y en general todos los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

---

<sup>9</sup> Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Acuerdo Gubernativo 509-2001 Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Guatemala, 2001. p. 1-3 y 12.

<sup>10</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Código Civil*. p.14.

Artículo 5. La descarga y emisión de contaminantes que afecten a los sistemas y elementos indicados en el artículo 10 de esta ley, debe sujetarse a las normas ajustables a la misma y sus reglamentos.

Artículo 6. (Reformado por el Decreto del Congreso Número 75-91) El suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio o desperdicios contaminados del medio ambiente o radioactivos. Aquellos materiales y productos contaminantes que esté prohibida su utilización en su país de origen no podrán ser introducidos en el territorio nacional.

Artículo 8. (Reformado por el Decreto del Congreso Número 1-93) Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje ya los culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo, será responsable personalmente del incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q5 000,00 a Q100 000,00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado el negocio será clausurado en tanto no cumpla.<sup>11</sup>

También se debe considerar el Título III, *De los sistemas y elementos ambientales*.

- Código Municipal

Formulación común de políticas públicas municipales, planes, programas y proyectos, la ejecución de obras y la prestación eficiente de servicios de sus competencias.

Artículo 68. Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas,

---

<sup>11</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Decreto 68-86. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*. p.21

planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.<sup>12</sup>

- Decreto 1004:

Artículo 1. Se prohíbe terminantemente mezclar, depositar o lanzar, a las aguas de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos, substancias vegetales o químicas, desechos o residuos de la producción agrícola o industrial, o bien plantas o substancias de cualquier especie, tales como citronela, té de limón, nocivas a la pesca, a la ganadería o a la salud de los habientes. Asimismo, se prohíbe usar las letrinas, que, sin ningún dispositivo de depuración o adecuadas filtraciones de un desagüe, se encuentren situadas en los márgenes de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos. Las Municipalidades de la República, quedan obligadas a efectuar con la mayor brevedad posible los estudios correspondientes para el tratamiento de las materias residuales de las poblaciones y en especial, de aquellas poblaciones de más de mil habitantes.<sup>13</sup>

Decreto 33-96. Reformas al decreto 17-73 del Congreso de la República de Guatemala, Código Penal:

Artículo 347 "A". Será sancionado con prisión de uno a dos años y multa de trescientos a cinco mil quetzales, el que contaminare el aire, el suelo o las aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones. Si la contaminación se produce en forma culposas, se impondrá multa de doscientos a mil quinientos quetzales.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Código Municipal*. p.4.

<sup>13</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Decreto 1004. Código Municipal*. p.6.

<sup>14</sup> Congreso de la República de Guatemala. *Decreto 33-96. Reformas al Decreto 17-73 del Congreso de la República. Código Penal*. p.11.

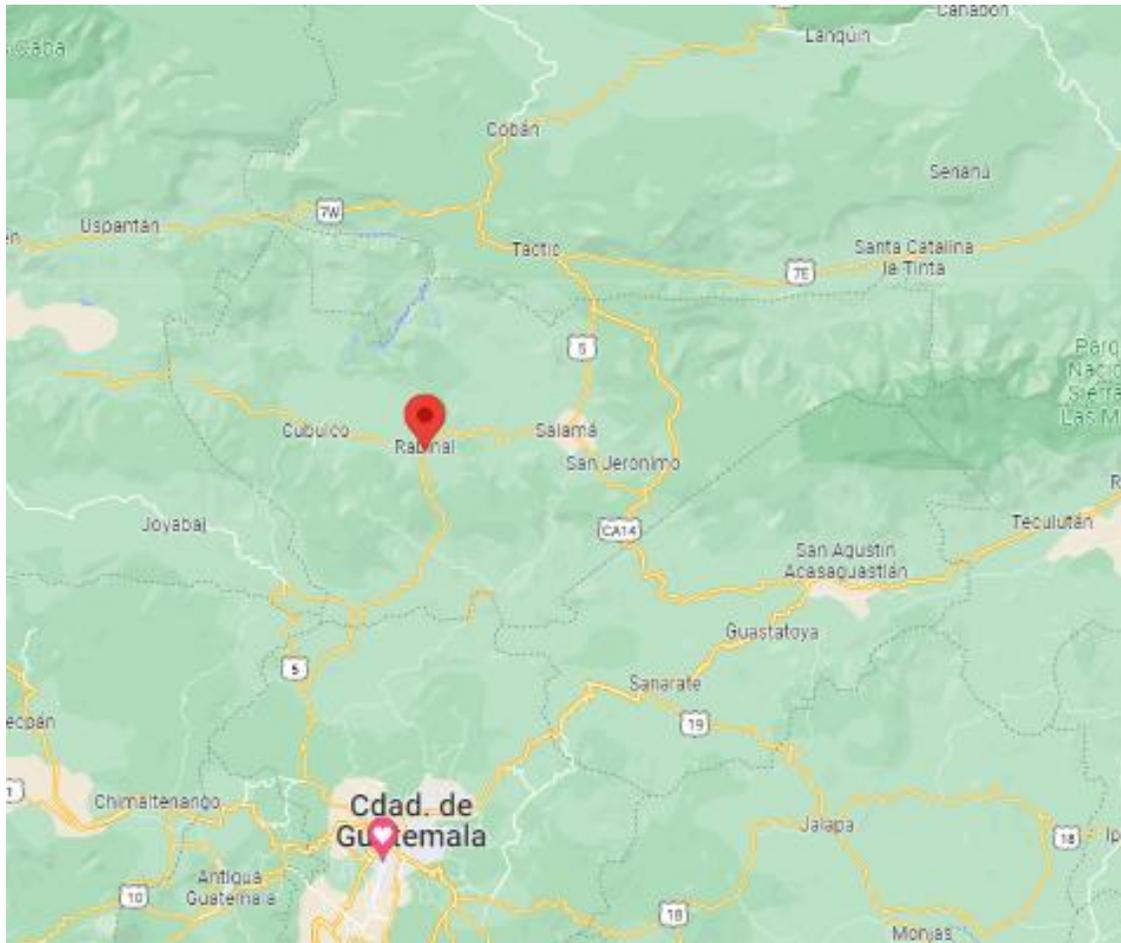
### **3. DATOS BÁSICOS DE RABINAL, BAJA VERAPAZ**

#### **3.1. Ubicación y localización**

El municipio de Rabinal pertenece al departamento de Baja Verapaz, este se localiza en la región norte de la República de Guatemala.

Rabinal fue conocido como San Pablo y se fundó en 1537 con el apoyo de Fray Bartolomé de las Casas y Fray Pedro de Angulo. Se localiza a 28 kilómetros de Salamá, la cabecera departamental de Baja Verapaz y aproximadamente a 180 kilómetros de la Ciudad de Guatemala.

Figura 7. **Ubicación geográfica de Rabinal, Baja Verapaz**



Fuente: Google maps. *Rabinal*. <https://www.google.com/maps/place/Rabinal/@15.0941615,-90.8664475,9.5z/data=!4m5!3m4!1s0x858a29021e10d0af:0x4d4be037abcbad68!8m2!3d15.0850925!4d-90.4915711?hl=es>. Consulta: 3 de mayo de 2022.

### 3.2. Límites y colindancias

El municipio de Rabinal cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 504 km<sup>2</sup> y colinda al norte con Uspantán, Quiché, al este con San Miguel Chicaj, en la parte del sur con Santa Cruz El Chol, Granados y Salamá, al oeste con Cubulco y el resto de los municipios de Baja Verapaz.

El BM (Monumento de elevación) del IGN que se encuentra frente a la iglesia y escuela con el dato de 972,69 msnm, con la siguiente referencia coordenada geográfica latitud 15°05'04" longitud 90°29'32".<sup>15</sup>

### 3.3. Clima

En Rabinal, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es mayormente despejada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 15 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 12 °C o sube a más de 33 °C.

- Temperatura promedio en Rabinal

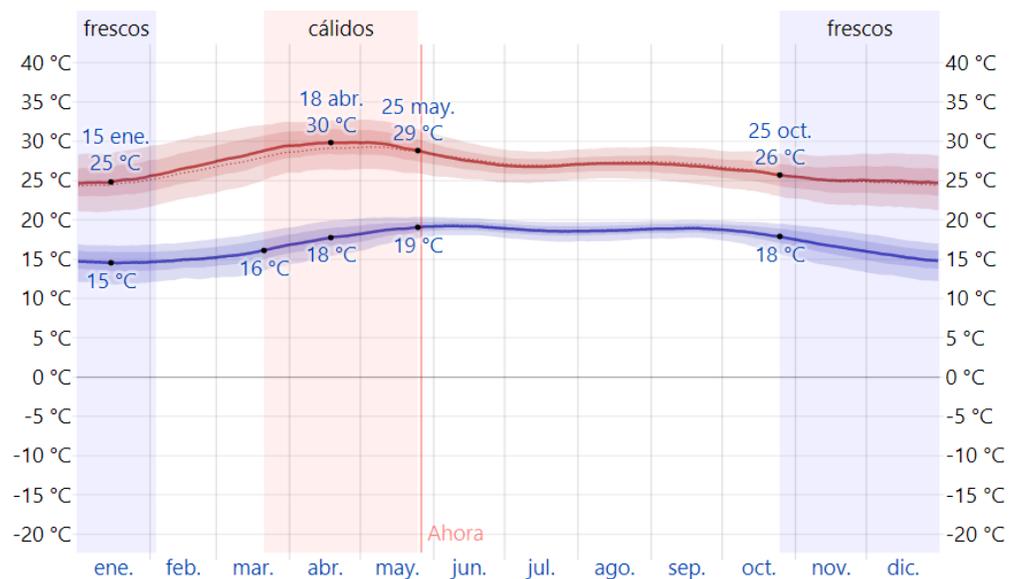
La temporada calurosa dura 2,1 meses, del 21 de marzo al 25 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 29 °C. El mes más cálido del año en Rabinal es mayo, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y mínima de 19 °C.

La temporada fresca dura 3,2 meses, del 25 de octubre al 3 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 26 °C. El mes más frío del año en Rabinal es enero, con una temperatura mínima promedio de 15 °C y máxima de 25 °C.

---

<sup>15</sup> INE. *Resultados del censo 2018*. <https://www.censopoblacion.gt/explorador>. Consulta: 25 de mayo de 2022.

Figura 8. **Temperatura máxima y mínima promedio en Rabinal**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística, INE. *Estadísticas*. <https://www.ine.gob.gt/ine/>.  
 Consulta: 3 de mayo de 2022.

### 3.4. Demografía

Rabinal fue conocido como San Pablo y se fundó en 1537 con el apoyo de Fray Bartolomé de las Casas y Fray Pedro de Angulo. Se localiza a 28 kilómetros de Salamá, la cabecera departamental de Baja Verapaz y aproximadamente a 180 kilómetros de la Ciudad de Guatemala.

Rabinal está centralizado en una sola ciudad, con 14 aldeas. Al mismo tiempo, cuenta con diferentes caseríos (al menos 65 caseríos). En su territorio se ubica la Sierra Chuacus, siete montañas, 352 cerros, 16 ríos.

Por si fuera poco, en sus tierras se encuentra el Valle de Urrán y la Cumbre de Balamché.

La fiesta patronal de Rabinal se celebra del 20 al 25 de enero de cada año en honor al patrono del lugar, San Pablo Apóstol.

Miércoles de Chilate, como una de las celebraciones indispensables previo al Corpus Christi

- Lugares turísticos
  - Parroquia San Pablo Apóstol
  - Museo Comunitario Rabinal Achí
  - Río Negro
  - Cerro Kaj Juyup
  
- Datos curiosos
  - Se conoce que el nombre del municipio significa Lugar de la Hija del Señor.
  - El idioma principal de este municipio es el achí.
  - Rabinal es conocido como Cuna del Folklor Nacional debido a su aporte histórico y cultural.
  - El Rabinal Achí o Danza del Tun (manifestación artística y cultural de Rabinal) fue declarada por la Unesco como Patrimonio Oral e Intangible de la Humanidad.

### **3.5. Población**

“Según las proyecciones realizadas en 2018 por el Instituto Nacional de Estadística (INE), la población en ese momento se componía de 40 797 habitantes. De ellos, 19 591 eran hombres y 21 206 eran mujeres”.<sup>16</sup>

### **3.6. Servicios básicos**

El municipio ofrece una gama de servicios para satisfacer la demanda de la población, entre las que destacan Agencia Bancarias (Banrural, El Reformador y Cooperativa COOSANJER RL, Banco Antigua, Génesis Empresarial), clínicas médicas, hoteles, restaurantes, oficina de correos y telégrafos e internet.

También existen microempresas de cerámicas y textiles, farmacias, panaderías, librerías, centros educativos privados, bufetes jurídicos, iglesia católicas y evangélicas, Cámara de Comercio Local, emisoras radiales comerciales, religiosas y comunitaria, talleres mecánicos, carpinterías, microbuses, buses, mototaxis, salones de belleza, sastrerías y museos.

Asimismo, hay comedores, tiendas, cafeterías, piñaterías, alquifiestas, salones para eventos, centro de acopio agrícola y la plaza municipal, entre otros.

---

<sup>16</sup> INE. *Resultados del censo 2018*. <https://www.censopoblacion.gt/explorador>. Consulta: 25 de mayo de 2022.

### **3.7. Economía**

- Empleo y migración

La fuerza laboral de Rabinah en su mayoría son trabajadores no calificados, los cuales ejecutan principalmente actividades agropecuarias; seguidamente por trabajadores operarios y artesanos de artes mecánicas y de otros oficios; agricultores y trabajadores calificados y agropecuarios.

Las actividades económicas que generan más empleo en el municipio son la agricultura, la industria manufacturera el comercio de artesanías y textiles por mayor y menor, así como los trabajos temporales dedicados a la construcción.

Aunque cabe destacar que los nuevos proyectos productivos bajo invernaderos son una nueva fuente de empleo para los habitantes de las comunidades rurales.

Durante el año y de manera prolongada, varias familias de las comunidades Rurales migran por fines laborales hacia la costa sur y oriente del país, específicamente al departamento de Santa Rosa. La migración laboral se produce entre los meses de noviembre y enero. Otros migran a los Estados Unidos en busca de mejores condiciones económicas.

Mucho de la sostenibilidad laboral se basa en el cultivo de frijol, arroz y caña de azúcar. Además, cuentan con crianza de animales y producción artesanal con tejidos, cerámica, máscaras y muebles tanto en madera como en hierro.

- Desarrollo productivo

La mayoría de habitantes del municipio se dedican a actividades de subsistencia agrícola; cultivo de maíz y frijol en las comunidades identificadas dentro del corredor seco del municipio, entre las que se encuentran Nimacabaj, Pachicá, Pachalum, Chiticoy, San Rafael y Palimonix. Estas comunidades obtienen una producción aproximada de 18 a 20 quintales por manzana. Los pobladores de Río Negro subsisten de la pesca y la elaboración de artesanía como el petate o esteras que es comercializada a nivel local y regional.

Otro sector de la población se dedica a la crianza de cerdos y gallinas que de alguna u otra forma sufraga los gastos de subsistencia familiar. Esta actividad es trabajada a mediana escala dentro del área urbana para su comercialización.

En el censo agropecuario 2003 del INE, destacan los siguientes datos en el ramo agropecuario; La mayor producción agrícola está relacionada a cultivos tradiciones y de subsistencia como el maíz blanco, amarillo, frijol negro, ayote, cebolla, tomate, maní y otras hortalizas.

- Mercado y condiciones del entorno

El municipio desarrolla sus actividades productivas y económicas en condiciones adecuadas, aunque requiere un mayor fortalecimiento técnico para alcanzar el nivel óptimo en la producción y comercialización de los productos en el mercado local, departamental, regional y nacional.

La mayoría de comunidades tienen brechas o carreteras en regular estado las cuales facilitan el transporte de insumos a las zonas de cultivo y los productos al mercado. Las demás actividades productivas en el ramo artesanal, industrial,

bancario, hotelero, turístico, servicios técnicos y profesionales, se desarrollan en la cabecera municipal. Las artesanías y el turismo son actividades ampliamente reconocidas debido al posicionamiento del municipio en la agenda turística del país y vías de acceso en buenas condiciones.

En el casco urbano existen decenas de microempresas dedicadas a la cerámica y textiles. También existen museos especializados en memoria histórica de víctimas del conflicto armado interno (ubicado en el área urbana) y otro instalado en la Comunidad de Río Negro a orillas de la hidroeléctrica Chixoy.

La capacidad productiva del municipio dinamiza la economía local al satisfacer las necesidades de consumo y servicios de la población. Su conexión comercial-regional a municipios de Pachalum, Quiché, Tactic, Carchá, Cobán, la cabecera departamental de Baja Verapaz y la capital, debe potenciarse de forma estratégica por el gobierno local y el sector productivo del territorio.



## **4. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES**

Para la caracterización del municipio de Rabinal se deben considerar las áreas de influencia directa del estudio, como también, todo lo que corresponde a los lugares o espacios geográficamente definidos para la realización de manejo de desechos sólidos en el área de influencia indirecta (municipio de Rabinal).

En el sector influyente donde se generan diversos tipos de desechos sólidos, para este trabajo de investigación únicamente se limita como enfoque de estudio de desechos sólidos domiciliarios.

Para la caracterización de los desechos sólidos domiciliarios es importante conocer tres pilares fundamentales de los residuos, con relación a:

- **Generación**

Se entiende como la producción de los residuos generados por persona en el lapso de un día.

- **Composición**

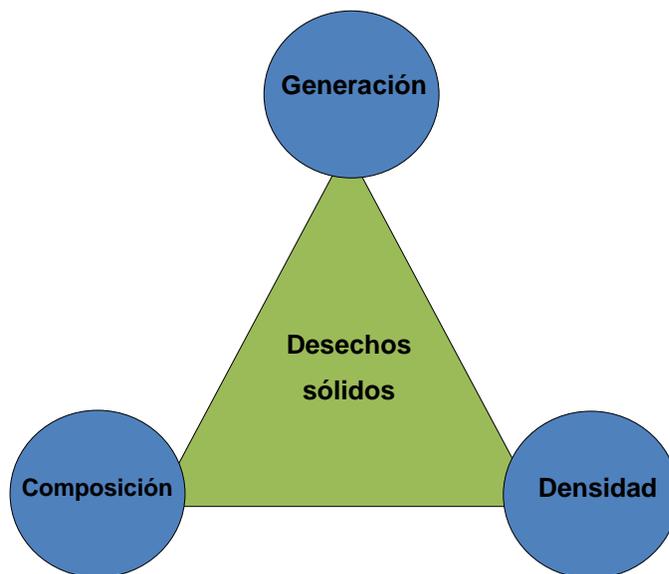
El procedimiento permite establecer la composición física de los residuos que se analiza de la siguiente manera:

- Se expone el contenido de todos los desechos sólidos y se realiza un mezclado.

- Luego del mezclado de los residuos sólidos, se procede hacer una división equitativamente en cuatro partes.
  - Se seleccionan 2/4, se retiran los sobrantes.
  - Se repite el procedimiento para realizar de nuevo el muestreo y extraer nuevamente los dos cuartetos opuestos de la muestra
- Densidad

Es el momento preciso que se aprovecha para realizar y permite conocer el peso de los residuos que caben en un metro cubico.

Figura 9. **Características principales**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

El siguiente procedimiento está basado en la Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes, propiciado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), del Gobierno de la República de Guatemala, el cual se procede de la siguiente manera:

- **Objetivo:** es la realización del estudio sobre los desechos sólidos comunes para establecer la generación *per cápita* y la composición de la generación del área influyente de estudio (Rabinal) que permiten posteriormente en la toma de decisiones.
- **Requerimiento:** el requerimiento está en función al tamaño de su población, a mayo número más supervisión.
  - **Recurso humano:** este indispensable recurso se compone de tres perfiles:
    - **Tabulador:** persona disponible para los 8 días que dura el estudio, además, se encarga de realizar la encuesta a los usuarios y la manipulación de los residuos en todo el proceso.
    - **Técnico:** personal de apoyo al coordinador disponible durante los ochos días de estudio, dicho técnico debe conocer el área influyente para la recolección del muestreo.
    - **Coordinador:** persona indicada (estudiante) con el tratamiento de los desechos sólidos que sea aceptado socialmente en el área de estudio, planificador, supervisor de las actividades de estudio durante y después del trabajo.

- Equipo y herramienta: es el equipo que se utilizará para tratar los residuos sólidos, al menos se deben considerar los siguientes:
  - Uno o dos *pick ups* para la ruta de diseño de recolección de muestra.
  - Tonel sin abolladuras, limpios con capacidad de 200 lt.
  - Palangana de plástico con capacidad de 10 lt.
  - Palas curvas.
  - Overoles-
  - Guantes.
  - Escobas.
  - Recogedores.
  - Botas de hules-
  - Mascarilla.
  - Cernidor de madera de 1m x 1,5 m con malla de ½”.
  - Pesas de piso (capacidad mínima de 10 kg y precisión de 10 g o similar).
  - Pesas sensibles (capacidad mínima de 1 kg y precisión de 10 g o similar).
  - Tableros carta u oficio.
  - Marcador de tinta permanente para marcar las bolsas.
  - Botes de pintura en spray o estampas.
  - Bolsas de polietileno de 0,70 m x 0,50 m el calibre mínimo de No.200.
  - Ligas de hule grueso para cerrar bolsas.
  - Papelería y varios.

- Instalaciones: lugar para realizar el estudio se necesita un espacio amplio cercano a los estratos identificados con excelente ventilación (no ráfagas de viento), superficie lisa.

#### **4.1. Metodología**

Es el procedimiento para la realización de la caracterización de los desechos sólidos y se manifiesta en una serie de actividades.

- **Actividad 1**

Antecedente: precisa de la recolección de los residuos y desechos sólidos o le compete al gobierno local o en algunos casos por terceros debidamente organizada y planificada para la operatividad.

- **Actividad 2**

Socialización: actividad de informar o transferir cierta información con representantes de diferentes organizaciones involucrados en el desarrollo.

- Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE)
- Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE)
- Comité Único de Barrio (CUB)
- Personal de la municipalidad
- Población en general

Es oportuno aprovechar todos los recursos tales como vías de comunicación a través de: radio, televisión, escritos, entre otros.

- Actividad 3

Cálculo de la muestra: para la selección a participar debe ser primordial contar con viviendas particulares, establecimientos comerciales que se encuentren dentro del área influyente, iniciando con la segregación de la población según los estratos socioeconómicos de por lo menos los siguiente:

- Estrato socioeconómico alto
- Estrato socioeconómico medio
- Estrato socioeconómico bajo

Cuando sea difícil establecer la demarcación de los estratos tal caso se trabajará en una misma muestra y se le denominará como estrato mixto.

- Actividad 4

Selección de la muestra: se utiliza el método de muestreo simple aleatorio que consiste en escoger de las unidades muestrales un total de viviendas de tal manera que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida. Con una tabla de números aleatorios del 1 hasta el número de viviendas en un recipiente mezclándolos, tomando al azar el número de muestras definido, tal importancia es la ayuda de un plano donde serán identificadas las viviendas seleccionadas.

- Actividad 5

Limpieza: el primer día de recolección se considera que tales datos no son confiables, por lo que se introducen más residuos de los habituales, se realiza la recolección de las bolsas y se disponen al lugar o relleno sanitario municipal.

- Actividad 6

Recolección de muestras: la recolección de muestras por estrato se debe evitar la confusión salvo que sea estrato mixto. El reconocimiento de viviendas es importante y debe ser considerado en un lugar visible.

- Actividad 7

- Metodología para la medición del peso de las muestras

Análisis de las muestras: cuando se realiza el proceso se debe registrar el peso de cada bolsa con identificación de vivienda, posteriormente se debe tabular los datos del peso durante 7 días.

#### **4.2. Determinación de la producción *per cápita* (PPC) de desechos sólidos del municipio de Rabinal, Baja Verapaz**

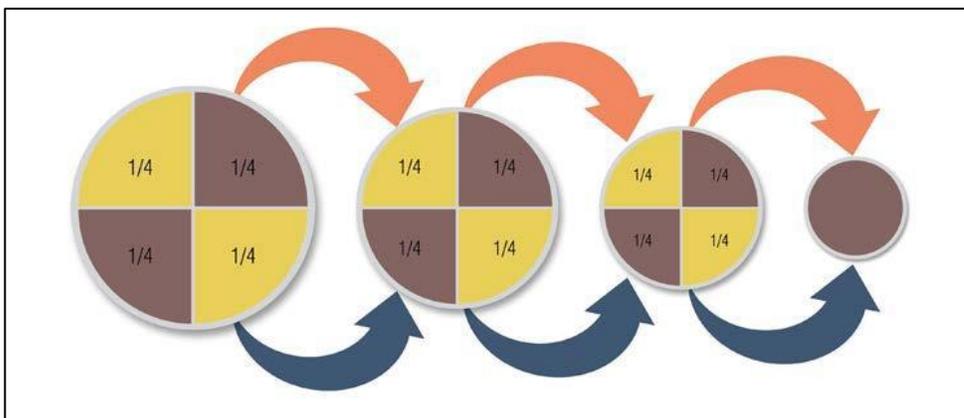
Se entiende como la producción de los residuos generados por persona en un lapso de un día, para obtener este dato es necesario contar con el registro de la muestra diaria desde el día 2 hasta el día 8.

Para obtener el PPC se trabaja y se registra con el peso de la muestra con el método mencionado al sumar el peso de las muestras de todas las viviendas (libras) sin importar los estratos y este valor se divide por el número de habitantes dentro de la vivienda, este a su vez, es dividido por el número de días que fueron recolectadas las muestras, el resultado será el PPC.

$$PPC = \left[ \frac{\text{peso total de las muestras (lb/k)}}{\text{número total de las personas de la muestra}} \right] \times \left( \frac{1}{7} \right) \text{ días}$$

- Prueba de la composición física: este procedimiento establece la composición física de los residuos sólidos:
  - Se expone el contenido de las bolsas del estrato seleccionado, se vierte sobre el área seleccionada, se mezclan con la ayuda de palas.
  - Luego de mezclar los residuos sólidos se procede a dividir en cuatro partes iguales.
  - Se seleccionan dos partes iguales opuestas, se retiran los otros dos restantes a tal modo de reducir la muestra.
  - Se repite el procedimiento de los residuos sólidos y se extrae nuevamente los dos cuartetos opuestos de la muestra.

Figura 10. **Método del cuarteo**



Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes.* p.18.

- Repetir el procedimiento del cuarteo hasta obtener la muestra aproximada de 100 lb.
- Al contar con la muestra se clasifica según el tipo de residuo:
  - Orgánico
  - Papel y cartón
  - Plástico
  - Vidrio
  - Material ferroso
  - Material no ferroso
  - Varios (caucho, cuero, tierra, entre otros)
  - Desechos sanitarios
  - Peligrosos
  - Especiales
- Según la clasificación del tipo de residuo se procede a realizar el pesaje de cada uno por separado.
- Luego de obtener el peso de cada residuo y con base en el peso inicial de cada cuarteo se saca el porcentaje de cada residuo, se procede a promediar los datos obtenidos para una muestra representativa por tipo de residuo.

$$\text{Porcentaje \% por día} = \left[ \frac{\text{peso de cada residuo clasificado}}{\text{peso total de la muestra del cuarteo}} \right] \times 100$$

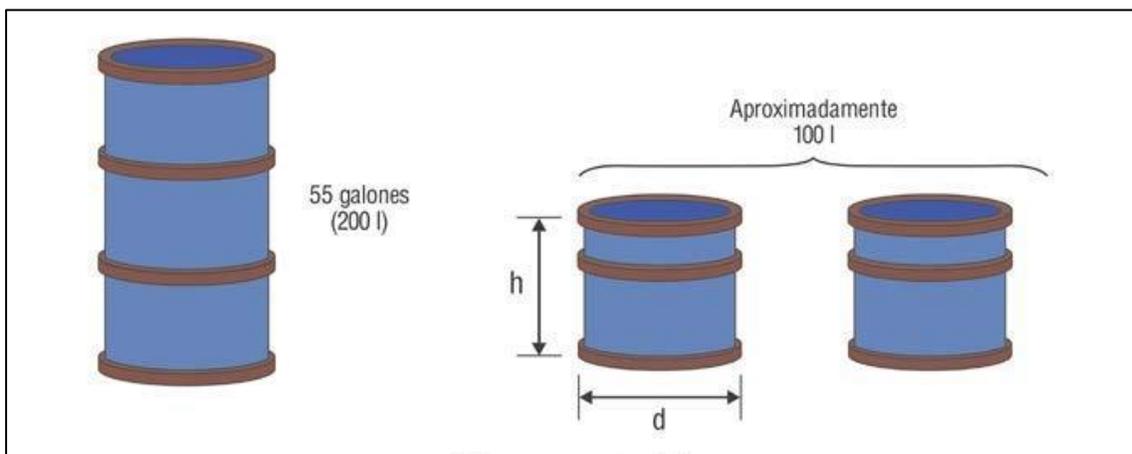
- Prueba de densidad de los residuos sólidos: en el momento que se está realizando el primer cuarteo se deberá aprovechar para realizar lo

siguiente, conocer el peso de los residuos que caben dentro de un metro cubico.

- Se determina el volumen del tonel aplicando la siguiente fórmula

$$Volumen = 0,7854 \times d^2 \times h$$

Figura 11. **Prueba de densidad**



Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. p.20.

- Posteriormente del mezclado de los residuos previo al primer cuarto se llena el tonel hasta el borde sin ejercer presión, posteriormente se golpea el recipiente a una altura de 10 cm para que los residuos se asienten.
- Nuevamente se agregan los residuos sólidos para completar la capacidad del tonel sin ejercer presión.

- Se coloca el tonel sobre la pesa, se anota el registro del pesaje (sin considerar el peso del tonel).
- El dato del peso de los residuos dividido por el volumen del tonel, proporciona la densidad de los residuos

$$Densida = \frac{\text{peso de los residuos en el tonel (lb)}}{\text{volumen del tonel } m^3}$$



## 5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

Con el objeto de demostrar un número representativo de la población de estudio, se consideró el siguiente procedimiento:

- La definición de la población concierne dentro de los límites territoriales dentro del municipio de Rabinal.

Determinación de *per cápita* mediante:

$$Pr = \frac{Wi}{Hv} [\text{kilogramo habitante día}]$$

Pr = producción

Wi = peso muestra (kg)

Hv = número de habitante por vivienda

Esta muestra es el de uso común para representar la muestra:

- Determinación de la variable y notación científica.
- Para el tamaño de la muestra se debe considerar un nivel de confianza, un nivel de error de estimación y un valor de variación.
- La asignación de muestra por vivienda según estratos.
- Se debe asumir la variación estándar en 200 g habitante/día.
- Su nivel de confianza es de 96 % por lo que este coeficiente de confianza es de 1,96.

La desviación estándar es  $\sigma = 0,20 \text{ kg/habitante/día}$  el promedio podría ser  $0,655 \text{ kg/habitante/día}$  y el tamaño de la población es  $N=9\ 462$ .

Luego se debe considerar un error de estimación equivalente al 25 % lo que  $E=0,0655$ , con estos datos se obtiene el tamaño de la muestra

$$n = \frac{C_c^2 \times N \times \sigma^2}{(N - 1) \times E^2 + C_c^2 \times \sigma^2}$$

$n$  = número de muestras

$C_c$  = coeficiente de confianza

$\sigma$  = desviación estándar

$N$  = número de la población

$E$  = error estimado

$$n = \frac{1,96^2 \times 9\ 462 \times 0,20^2}{(9\ 462 - 1) \times 0,0655^2 + 1,96^2 \times 0,20^2} = 35,68 = 36 \text{ viviendas}$$

36 viviendas según cálculo, pero según la guía del MARN, para la caracterización de los desechos sólidos se considera aumentar un 25 %, dato por lo cual se considera dentro del estudio, podría suceder que haya viviendas que ya no quieran participar, teniendo entonces en cuenta a 45 viviendas en total.

## 5.1. Resultados de encuesta

La encuesta fue realizada con base en la Guía para caracterización de desechos sólidos propuesta por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales según el anexo No. 1 de la página 20 de la guía mencionada, donde incorpora los siguientes datos:

- Nombre del encuestador
- Localidad
- Número de la muestra
- Estrato socio económico (recomendación mixto)
- Datos del domicilio

A continuación, se presentan las preguntas básicas hacia los encuestados:

- ¿Qué tipo de recipiente utiliza para depositar los residuos sólidos y desechos?
- ¿Con qué frecuencia recogen sus residuos y desechos?
- ¿Qué hace con los residuos y desechos si no pasa el tren de aseo?
- ¿Qué opina del servicio de recolección?

Figura 12. Ejemplo de encuesta realizada

Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes

caso 6

Don Nago

ANEXO No. 1

16:00 hrs.  
17:00 hrs.

**BOLETA DE CAMPO PARA MUESTREO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

1. NOMBRE DEL ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

2. LOCALIDAD: \_\_\_\_\_ No. DE MUESTRA: \_\_\_\_\_

3. ESTRATO SOCIOECONÓMICO:  Estrato Alto  Estrato Medio  Estrato Bajo

4. DATOS DEL DOMICILIO SELECCIONADO:

Calle o avenida: 3 calle Número Casa: 6

Colonia: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_ No. de habitantes en la vivienda: 2

5. ¿QUÉ TIPO DE RECIPIENTE UTILIZA PARA ALMACENAR SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?

Bolsa plástica  Costal  Caja de cartón  Otro, indique: Bolsas de papel

6. ¿CON QUE FRECUENCIA RECOGEN SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?

1 por semana  2 por semana  3 por semana  Otro, indique: \_\_\_\_\_

7. ¿QUÉ HACE CON LOS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA) SI NO PASA EL CAMIÓN?

Quemar  Enterrar  Tirar  Otro, indique: Esperar a que pase

8. ¿QUÉ OPINA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN?

BUENO  MALO  REGULAR

20

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Guía para caracterización de desechos sólidos*. p.20.

## 5.2. Resultado del peso

Ahora se analizará el procedimiento para la toma de datos y muestras donde se seleccionó 45 viviendas que sirvieron como la muestra donde se consideraron los siguientes puntos:

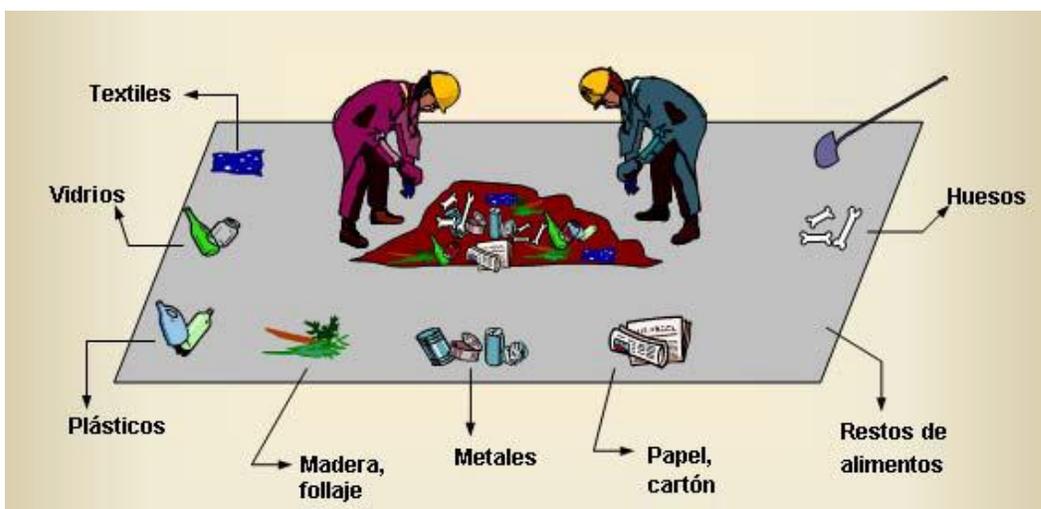
Selección del punto de referencia, equipo y personal, más el diseño de la encuesta.

Se hizo un recorrido a modo de observación para la aprobación de las viviendas a seleccionar.

- Toma de muestras:
  - Se registra la información particular de cada vivienda más el número de habitantes, luego se codifica cada vivienda.
  - Se hace entrega de bolsas codificadas o rotuladas a las viviendas seleccionadas, se les indica que se debe clasificar previamente en orgánico e inorgánico.
  - El procedimiento de recolección desde el punto seleccionado sobre las rutas principales del tren de aseo (vehículo liviano que se utilizó para este proceso) hacia la planta de tratamiento de desechos sólidos, previo a esto se realizó la primera toma de peso por vivienda.
  - Se procede la separación por medio del método de cuarteo donde la muestra mezclada es de 7,2 kg.

- Se realiza el peso total de la muestra mezclada, luego se clasifica de la siguiente manera:
  - Orgánicos
    - ✓ Restos provenientes de alimentos.
    - ✓ Papel y cartón
    - ✓ Madera
  - Inorgánicos
    - ✓ Vidrio
    - ✓ Metales
    - ✓ Plásticos
    - ✓ Telas
    - ✓ Residuos sanitarios

Figura 13. **Determinación de la composición física de los residuos sólidos**



Fuente: FLORES LÓPEZ, Jorge Luis. *Estudio de caracterización de los residuos sólidos*. p.30.

- Se toma el peso individual por clasificación.
- Con el resto del cuarteo se procede al cálculo de densidad, primeramente, sin compactación para luego realizar el compactado.
- Composición de los residuos sólidos en peso y porcentaje:
  - De la toma de las muestras de las viviendas seleccionadas se realizó el pesaje de cada bolsa por vivienda.

Tabla II. Datos de peso de la muestra

No. Vivienda	No. de habitantes	Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
1	6	5,06	6,1	5,4	5,9	6,3	5,75	6,3	5,3
2	5	5,08	5,3	5,7	6,01	5,63	5,34	5,9	5,1
3	2	4	3,1	3,5	3,11	4,01	2,34	2,15	2,3
4	3	3	3,2	3,44	3,6	4,01	3,5	4,2	3,15
5	6	3,5	5,3	5,72	6,82	5,9	5,8	6,1	5,87
6	4	3,9	4,2	4,05	3,88	3,7	4,7	4,2	4,55
7	5	4,56	4,32	4,9	4,2	5,3	4,99	5,01	4,82
8	5	6,56	6,3	6,2	6,6	7,2	6,99	6,7	6,01
9	5	6,2	5,92	5,9	5,33	6,01	5,8	5,74	6,2
10	7	6,25	7,77	6,98	7,05	6,34	6,9	7,3	7,1
11	6	6,84	5,99	6,42	5,96	6,3	6,72	5,89	6,7
12	2	5	4,93	4,2	4,6	3,8	3,1	3,33	3,01
13	5	5,5	5,32	5,75	5,3	5,5	5,89	5,1	5,7
14	8	7,6	7,98	7,7	8,02	7,68	7,42	8,2	7,79
15	4	4,8	4,5	4,3	4,5	4,2	3,9	4,1	3,8
16	7	6,3	5,9	7,3	6,7	6,82	6,77	6,2	6,1
17	8	7,3	6,9	7	7,98	7,4	7,11	7,3	7,9
18	9	8,89	8,2	8,6	8,43	8,1	8,9	8,5	8,8
19	5	6,5	5,9	5,14	5,1	5,7	5,2	5,9	5,1

Continuación de la tabla II.

No. Vivienda	No. de habitantes	Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
20	4	3,2	4	4,3	4,01	3,8	3,7	4,2	4,4
21	3	3,5	3,44	3,1	3,3	2,99	3,01	3	3,2
22	3	3,6	4,2	3,16	3,4	3,02	3	3,02	2,98
23	2	3,5	3,2	2,17	2,8	2,65	1,77	2,1	1,89
24	4	4,41	4,92	4,4	4,8	3,98	3,75	4,02	4,4
25	5	4,9	5,2	5,3	5	5,1	4,99	4,8	4,3
26	6	5,7	5,95	6,1	6	5,49	5,7	6,3	6,4
27	7	6,5	6,8	7,34	7,01	6,58	6,9	7,3	6,7
28	8	7,83	7,3	7,1	7,89	7,45	7,33	7,7	7,9
29	4	4,1	4,2	3,98	4	4,01	4,4	4	3,99
30	6	6,3	5,9	6,7	5,4	5,8	6,1	6,5	5,9
31	4	4,1	3,99	4,3	4	5,03	3,89	3,9	4,02
32	8	7,72	7,8	7,7	7,5	8,02	8,1	7,9	7,7
33	6	6,2	5,8	5,9	5,89	6,3	5,88	6,44	6,1
34	7	7,2	7,4	6,99	7	7,2	6,89	7,1	7
35	9	9,47	8,99	9,3	9,2	9	8,79	8,63	9,03
36	5	5,2	4,99	5,2	5,1	5	5,02	4,78	5,5
37	3	2,99	3,3	3	3,6	3,8	2,89	3,1	3,2
38	5	5,4	5,1	5,02	5	4,94	5,4	5,1	5
39	2	2,09	1,97	2,2	2,04	2,1	1,7	2,1	1,9
40	7	7,6	8,1	7,2	7,5	6,9	6,8	6,9	7,3
41	5	4,9	5,3	5	5,2	4,88	5,1	5	5,2
42	8	7,9	7,96	8,3	8,1	7,99	8,8	7,9	8,03
43	4	4,4	3,9	4,1	4	4,1	4,2	3,99	3,89
44	5	4,9	4,87	5,3	5,1	5	5	4,9	5,1
45	7	6,89	6,9	7,02	7,3	7,1	7,3	6,9	7,1
<b>TOTAL</b>		<b>247,34</b>	<b>248,61</b>	<b>248,38</b>	<b>249,23</b>	<b>248,13</b>	<b>243,53</b>	<b>245,7</b>	<b>243,43</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

- Método del cuarteo de la muestra:

Para realizar este tipo de trabajo la muestra de un solo día se debe colocar los residuos recolectados sobre una superficie limpia rígida, por ejemplo: un plástico grande con tal de que no haya contacto de los residuos recolectados con los residuos existentes del área seleccionada.

- Se extrae de las bolsas y se colocan los desechos en un solo lugar formando un volcán de residuos con la única finalidad de homogenizar de mejor manera la muestra, se considera importante que los residuos de tamaño físico grande se logren ser manipulables con una pala.
- Todos los residuos unificados que forman o agarran forma de volcán se dividen en cuatro partes, selección se basa en dos partes opuestas, se separa, luego se repite el mismo proceso con las otras dos partes restantes, la muestra se vuelve a mezclar, se vuelve a dividir en cuatro partes iguales, luego se escogen dos partes opuestas, no tomando dos partes del primer ejercicio, este ejercicio se repite hasta obtener una muestra no menos de 100 lb de residuos.

Figura 14. Descripción del método de cuarteo



Fuente: elaboración propia, Rabinal Baja, Verapaz.

### 5.3. Resultados del peso y porcentajes de la composición física de los desechos sólidos domiciliarios

Ahora se prosigue con la clasificación de los residuos, este procedimiento se realiza de forma manual y se realiza el pesaje de cada uno de los clasificados con el fin de obtener el porcentaje.

Tabla III. **Peso de los residuos clasificados**

RELACIÓN PORCENTUAL DE LOS RESIDUOS CLASIFICADOS									
Información general		Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
Datos	Peso de la muestra (kg)	247,34	248,61	248,38	249,23	248,13	243,53	245,7	243,43
	Peso del cuarteo (kg)	35,26	44,2	37,89	36,98	41,25	43,26	44,69	36,84
Orgánicos	Restos de alimentos	20,15	22,3	19,85	21,89	20,5	22,85	24,9	21,99
	Papel y cartón	5,5	7,5	8,5	6,5	6,6	6,65	7	5,5
	Madera	0,8	0,6	0,95	0,78	0,85	0,95	0,63	0,95
Inorgánicos	Vidrio	0,9	0,8	0,75	0,65	0,75	0,85	0,95	1,1
	Metal	1,4	3,2	2,2	1,5	1,3	1,2	0,95	1,3
	Plástico	5,59	8,5	4,5	3,8	8	8,5	9,5	4
	Telas	0,42	0,35	0,2	1,1	1,75	1,2	0,2	0,9
	Residuos sanitarios	0,5	0,95	0,94	0,76	1,5	1,06	0,56	1,1

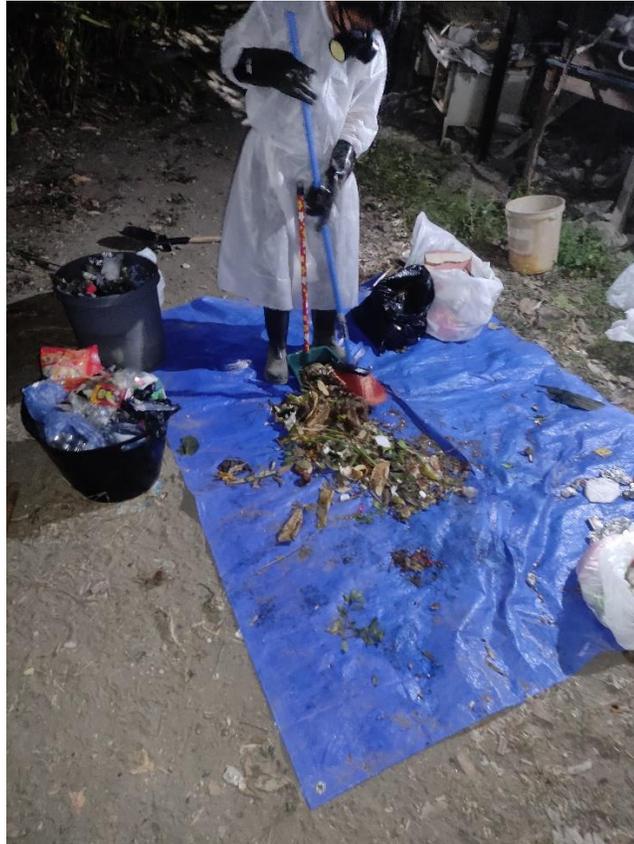
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Tabla IV. Relación porcentual de los residuos domiciliarios clasificados

Información general		Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
	<b>Peso del cuarteo (kg)</b>	35,26	44,2	37,89	36,98	41,25	43,26	44,69	36,84
<b>Orgánicos</b>	<b>Restos de alimentos</b>	57 %	50 %	52 %	59 %	50 %	53 %	56 %	60 %
	<b>Papel y cartón</b>	16 %	17 %	22 %	18 %	16 %	15 %	16 %	15 %
	<b>Madera</b>	2 %	1 %	3 %	2 %	2 %	2 %	1 %	3 %
<b>Inorgánicos</b>	<b>Vidrio</b>	3 %	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %	2 %	3 %
	<b>Metal</b>	4 %	7 %	6 %	4 %	3 %	3 %	2 %	4 %
	<b>Plástico</b>	16 %	19 %	12 %	10 %	19 %	20 %	21 %	11 %
	<b>Telas</b>	1 %	1 %	1 %	3 %	4 %	3 %	0 %	2 %
	<b>Residuos sanitarios</b>	1 %	2 %	2 %	2 %	4 %	2 %	1 %	3 %
	<b>Total</b>	<b>100 %</b>							

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Figura 15. **Proceso de clasificación**



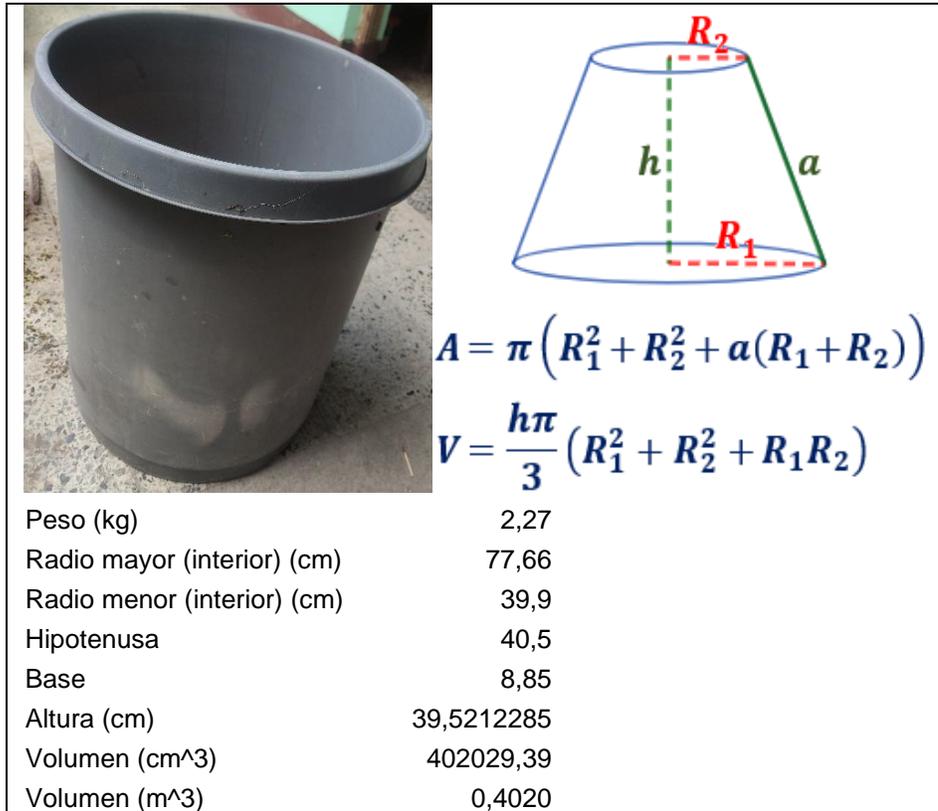
Fuente: elaboración propia, Rabinal Baja, Verapaz.

#### **5.4. Resultados del volumen de los desechos sólidos domiciliarios**

Este valor permite conocer el volumen de la cantidad de los residuos sólidos con un fin que posteriormente permitirá determinar el tipo de transporte que será necesario para la recolección.

- Para este procedimiento se prosigue de la siguiente manera:

Figura 16. Cálculo del peso y volumen de la tara



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Tabla V. Peso de residuo sólido

Datos generales		Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
Desecho Orgánicos	Suelto (kg)	7,55	7,98	8,01	7,86	7,26	8,85	8,4	7,3
	Compactado	9,85	11,23	10,5	9,56	9,98	11,1	11,3	10,95
Desecho Inorgánicos	Suelto (kg)	3,3	2,98	2,08	3,45	2,99	3,23	3,95	2,98
	Compactado	3,98	3,2	2,98	4	3,98	4,1	4,5	3,95

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Finalmente se realizó la compactación por medio de una herramienta denominado mazo que en cada tercio del recipiente se le fue dando 23 veces el golpe en forma de espiral hasta alcanzar la altura total del recipiente.

### 5.5. Resultados de la densidad

Se determinó una densidad promedio de los residuos orgánicos e inorgánicos, donde para el dato del residuo orgánico compactado es de 26,52 kg/m<sup>3</sup> y 19,78 kg/m<sup>3</sup> para desecho orgánico suelto, mientras que para los desechos inorgánicos compactado es de 9,49 kg/m<sup>3</sup> y para los desechos inorgánicos suelto es de 7,69 kg/m<sup>3</sup>.

Tabla VI. Densidades promedio de los residuos sólidos domiciliarios

Datos generales		Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
Desecho Orgánicos	Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	18,78	19,85	19,93	19,55	18,06	22,01	20,90	18,16
	Compactado kg/m <sup>3</sup>	24,50	27,94	26,12	23,78	24,83	27,61	28,11	27,24
Desecho Inorgánicos	Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	8,21	7,41	5,17	8,58	7,44	8,03	9,83	7,41
	Compactado kg/m <sup>3</sup>	9,90	7,96	7,41	9,95	9,90	10,20	11,19	9,83

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

### 5.6. Resultado del porcentaje de humedad

Este método permite conocer el porcentaje de humedad que se encuentra en los desechos de los residuos sólidos domiciliarios.

$$\%H = \frac{W - D}{W} \times 100$$

%H = contenido del % humedad

W = peso inicial de muestra según se entrega (kg)

D = peso de la muestra después de secarse a 105 °C (kg)

Para la determinación del peso seco se trabajó con uno de los últimos cuartetos seleccionados, donde algunas veces fue necesario dividir el número del peso crudo en tres o cuatro veces para la incorporación dentro del horno, sumando cada uno de los pesos secos para la confirmación de su adición total.

Tabla VII. **Determinación del contenido de humedad**

	Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
<b>Peso del cuarteo (kg)</b>	35,26	44,2	37,89	36,98	41,25	43,26	44,69	36,84
<b>Peso del cuarteo seco (kg)</b>	22,3	23,12	17,8	18,25	20,45	21,5	22,85	17,95
<b>% H</b>	37 %	48 %	53 %	51 %	50 %	50 %	49 %	51 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

### 5.7. **Resultado de la producción *per cápita* de los desechos sólidos del municipio de Rabinal, Baja Verapaz**

Del peso de las muestras tomadas de cada vivienda y conforme al número de habitantes se obtiene la producción *per cápita*:

$$PPC = \frac{W \text{ total de la muestra}}{\text{Número total de personas}}$$

Tabla VIII. **Producción *per cápita* basado en las muestras**

No. vivienda	No. de habitantes	Día 1 peso (kg)	Día 2 peso (kg)	Día 3 peso (kg)	Día 4 peso (kg)	Día 5 peso (kg)	Día 6 peso (kg)	Día 7 peso (kg)	Día 8 peso (kg)
<b>46</b>	<b>239</b>	<b>247,34</b>	<b>248,61</b>	<b>248,38</b>	<b>249,23</b>	<b>248,13</b>	<b>243,53</b>	<b>245,7</b>	<b>243,43</b>
		0,1478	0,1486	0,1485	0,1490	0,1483	0,1456	0,1469	0,1455
Promedio									0,1475

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Como se puede observar que el valor promedio del PPC para el municipio de Rabinal es de 0,1475 kg/habitante/día.

### **5.8. Propuesta de manejo, control y tratamiento de los desechos sólidos**

Como se puede observar durante la recolección en las viviendas seleccionadas todos los residuos de desechos sólidos fueron recibidas de una única manera, es decir, que no tienen ninguna previa clasificación desde la recolección una de las propuestas sería que de cada una de las viviendas clasificara por lo menos en residuos orgánicos e inorgánicos, además, es importante la sensibilización por cualquier medio de cómo se debe empezar a clasificar desde su origen los desechos sólidos.

En cuanto a las autoridades locales puedan proponer o implementar rutas de recolección de los desechos sólidos considerando las medidas de clasificación, por ejemplo: que un día asignado para la recolección de los desechos orgánicos y otro día para los desechos inorgánicos o proporcionando

a la población herramientas que le permitan ser eficientes en la segregación de los residuos, como se observa en la siguiente figura:

Figura 17. **Propuesta domiciliar para clasificación de residuos**



Fuente: FLORES LÓPEZ, Jorge Luis. *Estudio de caracterización de los residuos sólidos*. p.13.

Si desde su origen se logra tener una clasificación de los desechos sólidos y esta es recolectada y llevada al punto autorizado por las autoridades competentes se tendrá un mayor control para el tratamiento de los desechos sólidos y el impacto contra el ambiente será menor para la disposición final de los desechos. Es importante recordar darle mayor auge a todo lo orgánico reduciendo de esta manera los desechos sólidos más difíciles de degradar (plástico, vidrio, metal).

No se debe olvidar el proceso de reciclaje ya que esta es de vital importancia

## CONCLUSIONES

1. La información demográfica del municipio de Rabinal, del departamento de Baja Verapaz se acudió al Instituto Nacional de Estadística INE, y con los resultados de censo XII 2018, censo nacional y poblacional publicados en su página oficial y en su y en sus proyecciones municipales 2015-2018, se conoció que existen para este año 9 462 viviendas con un total de población de 19 591 hombres y 21 206 mujeres en total de población 40 797 habitantes.
2. Luego de la separación de la composición orgánica e inorgánica de los desechos sólidos establecidos conforme a la guía de la caracterización es para lo orgánico 75 % y para lo inorgánico del 25 %.
3. De las muestras recolectadas y analizadas conforme a los procedimientos establecidos en la guía se estableció que las densidades de los residuos sólidos domiciliarios es de: desecho orgánico suelto 19,78 kg/m<sup>3</sup> y desecho orgánico compactado 26,51 kg/m<sup>3</sup> y para los desechos sólidos e inorgánicos suelto es de: 7,69 kg/m<sup>3</sup> y compactado de 9,49 kg/m<sup>3</sup>. Y de producción per cápita media de 0,1475 kg/h/día, mientras que el porcentaje de la humedad media es de 43 %.
4. Las propuestas de manejo de desechos sólidos, se sugiere que desde su origen se procesa a realizar previa clasificación de lo orgánico he inorgánico.



## RECOMENDACIONES

1. Implementar manuales que indiquen los procesos de manejo de los desechos sólidos, desde la recolección hasta la disposición final.
2. Realizar un plan de ruta para la recolección de desechos sólidos domiciliarios, para las diferentes zonas de recolección, que establezca las directrices de recolección es decir un día establecido para lo orgánico y luego lo inorgánico, o trabajar por medida de colorimetría.
3. Realizar campañas de concientización a los vecinos para evitar crear vertederos clandestinos, o algún otro manejo de disposición que no sea lo correcto.
4. Indicar que la recolección se llevará a cabo de manera clasificada, desde su origen y así reducir los niveles de trabajo en donde se hará la disposición para su manejo.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AMBROCIO GARCÍA, Sharon Bartola. *Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios de la aldea el pajón, Santa Catarina Pinula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019. 98 p.
2. Constitución Política de la República de Guatemala. *Asamblea Nacional Constituyente*. Guatemala: Congreso de República de Guatemala, 1985. 92 p.
3. ECHEVERRÍA LÓPEZ, Mario Herbert. Propuesta de modelo de manejo integrado de desechos sólidos en el área urbana del municipio de Quezaltepeque. El Salvador: Universidad de El Salvador, 2010. 237 p.
4. ESTRADA TOLEDO, Rosemberg De Jesús. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, urbano residencial. Colombia: Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, 28 p.
5. FLORES LÓPEZ, Jorge Luis. *Estudio de caracterización de los residuos sólidos*. México: Municipalidad Distrital de Las Lomas, 104 p.
6. INE. *Resultados del censo 2018*. [en línea]. <<https://www.censopoblacion.gt/explorador>>. [Consulta: 25 de mayo de 2022].

7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Acuerdo Gubernativo No. 164-2021. Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes*. Guatemala: MARN, 2021. 23 p.
8. \_\_\_\_\_. *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Guatemala: MARN, 2018. 30 p.
9. \_\_\_\_\_. *Informe ambiental del estado de Guatemala. GEO Guatemala 2009*. Guatemala: MARN, 2009. 286 p.
10. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Acuerdo Gubernativo 509-2001 Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Guatemala: MSPAS, 2001. 12 p.
11. YAX ORDOÑEZ, Hugo René. *Diseño del proceso de recolección de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana de San Marcos, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 286 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Equipo y herramienta de trabajo**



Fuente: elaboración propia, Rabinal Baja, Verapaz.

Apéndice 2. **Entrevista y encuestas en las viviendas seleccionadas en Rabinal**



Fuente: elaboración propia, Rabinal Baja, Verapaz.

Apéndice 3. **Planta de tratamiento de desechos sólidos de Rabinal**



Fuente: elaboración propia, Rabinal Baja, Verapaz.

Apéndice 4. **Actividades de trabajo y recolección de datos**



Fuente: elaboración propia, fotografía Rabinal Baja, Verapaz.

**Apéndice 5. Segregación de los desechos solidos**



Fuente: elaboración propia, Rabinal, Baja Verapaz.

**Apéndice 6. Toma de datos de las muestras**



Fuente: elaboración propia, Rabinal, Baja Verapaz.