



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

**MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN
HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE
SOLOLÁ, GUATEMALA**

Ing. Rodolfo Estuardo Miranda Argueta

Asesorado por el M.Sc. Erick Orlando Urrutia Rodríguez

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN
HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE
SOLOLÁ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. RODOLFO ESTUARDO MIRANDA ARGUETA
ASESORADO POR EL M.SC. ERICK ORLANDO URRUTIA RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, MAYO 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 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	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Cesar Ariel Villela Rodas
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:

**MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN
HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE
SOLOLÁ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrados de Ingeniería, con fecha 06 de noviembre de 2020.

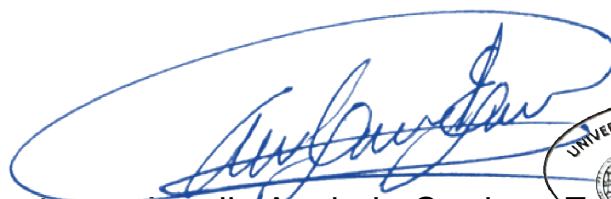


Rodolfo Estuardo Miranda Argueta

LNG.DECANATO.OI.361.2022

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA**, presentado por: **Rodolfo Estuardo Miranda Argueta**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2022

LNG.EEP.OI.361.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA”

presentado por **Rodolfo Estuardo Miranda Argueta** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Colí
Director

**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**





Guatemala, Octubre 2021

Como coordinador de la **Maestría en Artes en Energía y Ambiente** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA”** presentado por el Ingeniero **Rodolfo Estuardo Miranda Argueta** quien se identifica con carné **201314516**.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 7 de octubre 2021.

Ingeniero M.Sc.
Edgar Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería USAC
Ciudad Universitaria, Zona 12

Distinguido Ingeniero Álvarez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que como asesor del trabajo de graduación del estudiante Rodolfo Estuardo Miranda Argueta, Carné número 201314516, cuyo título es "**MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UN HOTEL UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PANAJACHEL DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ, GUATEMALA**", para optar al grado académico de Maestro en Energía y Ambiente, he procedido a la revisión del INFORME FINAL y del ARTÍCULO.

En tal sentido, en calidad de asesor doy mi anuencia y aprobación para que el estudiante Miranda Argueta, continúe con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,



Ing. Erick Orlando Urrutia Rodríguez
M. Sc. Gerencia en Agricultura Sostenible y Recursos Naturales
Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser guía espiritual en el transcurso de mi carrera
Mis padres	Licda. Doris Imelda Argueta Regino e Ing. Rodolfo Estuardo Miranda Pirir, por su cariño, comprensión, paciencia y sacrificio, que me permitieron llegar a cumplir mi meta.
Mi hermana	Doris Ruby Miranda Argueta, por su gran apoyo en todo momento.
Mi novia	Cariza Guadalupe Escobar, por su gran amor y apoyo que siempre me ayudan a dar lo mejor de mí.
Mi tía	Ingrid Noemí Argueta Regino, por su enorme esfuerzo, cariño y apoyo a lo largo de mi vida.
Mis abuelos	Jorge Argueta (q. d. e. p.), Ismael Miranda Marroquín y Julia Pirir de Miranda, por sus enseñanzas y motivarme a seguir adelante en todo momento.

Mis tíos

Mario Roberto y Byron Ismael Miranda Pirir (q. d. e. p.), por su gran ayuda y apoyo en todo momento.

Mis amigos

Por su valiosa amistad, sus consejos y momentos que compartimos.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por brindarme sus conocimientos a través de sus catedráticos.
Mi padre, Ingeniero Rodolfo Miranda	Por ser una importante influencia y por todo su valiosa ayuda y tiempo invertido en la culminación de mis estudios.
Ingeniero José Antonio Rosal Chicas	Por todos sus aportes y enseñanzas a lo largo de toda la elaboración de este trabajo.
Ingeniero Erick Orlando Urrutia Rodríguez	Por el tiempo invertido al asesorarme para la realización de este trabajo
Gustavo Adolfo Bautista	Por su valioso apoyo y colaboración para que la realización de este trabajo fuera posible.
Omar Antonio Pérez Marroquín	Por su valiosa amistad y ayuda en todo el proceso de caracterización de residuos sólidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XVII
OBJETIVOS	XXI
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXVII

1.	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.	Antecedentes de la investigación	1
1.2.	Residuos sólidos	4
1.2.1.	Clasificación de los residuos sólidos	4
1.2.1.1.	Estructura de los residuos sólidos	5
1.2.1.2.	Residuos sólidos según su origen	7
1.2.1.3.	Residuos sólidos según su biodegradabilidad	8
1.2.1.4.	Residuos sólidos según su composición.....	9
1.2.2.	Residuos sólidos en industrias hoteleras.....	14
1.3.	Caracterización de residuos sólidos	17
1.3.1.	Metodología.....	17
1.3.1.1.	Equipo requerido para caracterización.....	18
1.3.1.2.	Procedimiento de caracterización.....	18

1.3.2.	Análisis físico de los residuos sólidos	21
1.3.2.1.	Prueba de composición física.....	21
1.3.2.2.	Prueba de densidad de los residuos sólidos	22
1.4.	Sistemas de gestión de residuos sólidos	23
1.4.1.	Gestión de residuos sólidos	23
1.4.2.	Etapas del manejo integral de residuos	26
1.4.2.1.	Generación en la fuente	26
1.4.2.2.	Almacenamiento.....	27
1.4.2.3.	Recolección y transporte	29
1.4.2.4.	Tratamiento	31
1.4.2.5.	Disposición final	38
1.5.	Marco normativo	41
1.5.1.	Convenios internacionales	41
1.5.1.1.	Protocolo de Kyoto	41
1.5.1.2.	Convenio Basilea sobre desechos peligrosos.....	42
1.5.1.3.	Protocolo de Montreal	42
1.5.2.	Marco legal.....	43
1.5.2.1.	Ley para la gestión y manejo integral de los residuos y desechos	43
1.5.2.2.	Código Municipal.....	44
1.5.2.3.	Código de Salud.....	44
2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS ...	47
2.1.	Recolección de datos.....	47
2.2.	Metodología	48
2.2.1.	Equipo requerido para la caracterización	49
2.2.2.	Preparación del área de muestreo	52

2.2.3.	Muestreo y recolección	52
2.2.4.	Análisis de muestras.....	53
2.2.4.1.	Masa de las muestras.....	53
2.2.4.2.	Producción per cápita	53
2.2.5.	Análisis físico de los residuos sólidos.....	54
2.2.5.1.	Prueba de composición física.....	54
2.2.5.2.	Prueba de densidad.....	60
2.2.6.	Composición física de residuos sólidos por área....	61
3.	PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	69
3.1.	Generación	69
3.2.	Almacenamiento	72
3.2.1.	Área de restaurante y cocina.....	73
3.2.2.	Área de recepción.....	75
3.2.3.	Área de habitaciones y pasillos	76
3.3.	Sistema de separación	77
3.4.	Recolección	78
3.5.	Transporte	79
3.6.	Tratamiento	82
3.6.1.	Reciclaje	83
3.6.2.	Compostaje.....	84
3.6.2.1.	Materia prima para el compostaje.....	85
3.6.2.1.	Sistema de compostaje a utilizar	87
3.6.2.2.	Proceso del compostaje	88
3.7.	Disposición final.....	89
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	95
4.1.	Análisis de las muestras	95

4.1.1.	Masa de las muestras	95
4.1.2.	Porcentaje de ocupación del hotel	98
4.2.	Análisis físico de los residuos sólidos	99
4.2.1.	Caracterización de los residuos sólidos	99
4.2.2.	Producción per cápita y densidad de los residuos	103
4.2.3.	Mediciones estadísticas	104
4.3.	Sistema de gestión integral de residuos sólidos	106
4.4.	Beneficios de la implementación del modelo	108
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	109
CONCLUSIONES		113
RECOMENDACIONES		115
REFERENCIAS		117
APÉNDICES		123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ecuación del tamaño de muestra.....	19
2.	Fórmula de producción per cápita.....	21
3.	Fórmula del porcentaje de residuos por día	22
4.	Fórmula para densidad de residuos.....	23
5.	Diagrama de etapas del manejo integral de residuos	25
6.	Proceso del compostaje	32
7.	Compostaje	34
8.	Actividades de un relleno sanitario.....	41
9.	Recipiente cilíndrico para prueba de densidad	60
10.	Caja para prueba de densidad	61
11.	Resultados del área de restaurante y cocina de la primera semana....	62
12.	Resultados del área de restaurante y cocina de la segunda semana ..	63
13.	Resultados del área de recepción de la primera semana	64
14.	Resultados del área de recepción de la segunda semana.....	65
15.	Resultados del área de habitaciones y pasillos de la primera semana	66
16.	Resultados del área de habitaciones y pasillos de la segunda semana	67
17.	Plástico generado en el hotel	71
18.	Fórmula del volumen para recipientes de almacenamiento	73
19.	Recipientes de almacenamiento usados en la cocina.....	73
20.	Recipientes de almacenamiento usados en el restaurante	74
21.	Contenedor para área de recepción.....	75

22.	Recolección de residuos sólidos en institución	79
23.	Vehículo para transporte de residuos no. 1	80
24.	Vehículo para transporte de residuos no.2	80
25.	Residuos sólidos esparcidos en ruta de transporte	81
26.	Vehículo recolector de carga posterior como propuesta.....	82
27.	Centro de acopio de material reciclable	83
28.	Prensa compactadora del centro de acopio.....	84
29.	Características de residuos orgánicos de jardín	85
30.	Características de residuos orgánicos de restaurante y cocina.....	86
31.	Acceso al área de disposición final	90
32.	Área de compostaje y reciclaje abandonadas	91
33.	Quema de residuos sólidos	92
34.	Área de disposición final de residuos.....	92
35.	Agua estancada en área de disposición final.....	93
36.	Generación de residuos por día y por peso en kilogramos.....	98
37.	Porcentaje de ocupación por día	99
38.	Resultados totales de la primera semana.....	101
39.	Resultados totales de la segunda semana	101
40.	Residuos orgánicos de la primera semana.....	102
41.	Residuos orgánicos de la segunda semana	103
42.	Esquema del modelo de gestión integral de residuos sólidos	107

TABLAS

I.	Composición de residuos con base al nivel de vida.....	5
II.	Factores que afectan la composición de los residuos.....	6
III.	Clasificación de residuos de acuerdo con su origen	7
IV.	Código de identificación de plástico	12
V.	Comparación de sistemas de compostaje.....	35
VI.	Tipos de compostadores	36
VII.	Encuesta del manejo de residuos peligrosos dentro del hotel	47
VIII.	Equipo para caracterización.....	49
IX.	Clasificación residuos orgánicos	55
X.	Clasificación de papel y cartón.....	55
XI.	Clasificación de plástico	56
XII.	Clasificación de vidrio.....	57
XIII.	Clasificación de material ferroso	57
XIV.	Clasificación de material no ferroso	58
XV.	Clasificación de categoría varios.....	58
XVI.	Clasificación de residuos sanitarios	59
XVII.	Clasificación de residuos peligrosos	59
XVIII.	Residuos generados en el área de cocina y restaurante	62
XIX.	Residuos generados en el área de recepción	64
XX.	Residuos generados en habitaciones y pasillos.....	66
XXI.	Residuos generados en jardines.....	68
XXII.	Generación de residuos estimada.....	69
XXIII.	Categorías de residuos sólidos preliminares.....	70
XXIV.	Categorías de residuos sólidos a incluir en programa de reducción. ...	72
XXV.	Residuos generados y su separación	77
XXVI.	Residuos orgánicos para compostaje y sus efectos	86
XXVII.	Registro de las muestras diarias de la primera semana.....	95

XXVIII.	Registro de las muestras diarias de la segunda semana.....	96
XXIX.	Residuos generados en todo el hotel.....	100
XXX.	Producción per cápita y densidades	103
XXXI.	Parámetros estadísticos para resultados de primera semana	105
XXXII.	Parámetros estadísticos para resultados de segunda semana	105

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
ρ	Densidad [kg/m ³]
CO ₂	Dióxido de carbono
g	Gramo
g/hab/día	Gramo por habitante por día
kg	Kilogramo
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
kg/día	Kilogramo por día
km	Kilómetro
lb	Libra
m	Metro
m ³	Metro cúbico
mm	Milímetro

GLOSARIO

Almacenamiento	Etapa que inicia desde el instante donde se depositan los residuos en un recipiente y termina cuando son depositados en un camión recolector.
Biodegradabilidad	Respecto a los residuos sólidos, hace referencia a la capacidad con la que cuentan dichos residuos para descomponerse en un ambiente natural sin intervención alguna.
Caracterización	Actividad que consiste en determinar la composición de los residuos sólidos generados en un lugar o institución en cuestión.
Disposición final	Etapa final que abarca todos los residuos que no corresponden al reciclaje ni a la recuperación de productos, de tal manera que se brinde conformidad a la legislación nacional a favor de la conservación del medio ambiente.
Manejo integral	Conjunto de operaciones que tienen como objetivo seleccionar el destino más adecuado a los residuos sólidos de acuerdo a sus características. Estas operaciones tienen como objetivo el preservar la salud humana.

Papel	Material de origen orgánico, si se encuentra en buen estado puede ser reciclado.
Plástico	Derivado del petróleo que cuenta con un alto valor comercial por su gran utilidad para el ser humano.
PPC	Producción per cápita.
Reciclaje	Consiste en transformar los residuos sólidos por medio de distintos procesos que permiten restituir su valor.
Relleno sanitario	Obra de ingeniería de disposición final de residuos sólidos cuyo fin es evitar peligros para la salud humana y el medio ambiente.
Residuos comerciales	Se generan en establecimientos comerciales de bienes y servicios, tal el caso de residuos generados en hoteles, restaurantes, bares...
Residuos domiciliarios	Su generación reside en los domicilios, estos son los residuos más comunes.
Residuos hospitalarios	Se generan en las actividades destinadas a la investigación médica. Dentro de esta clase de residuos están comprendido vendas, algodón usado, mascarillas desechables, restos de fármacos...

Residuos industriales	Se generan a causa de las diversas ramas de la industria, tal el caso de la pesca, manufactura (manualidades), textiles, minería...
Residuos inorgánicos	Son residuos con un origen no biológico, por lo tanto, no son biodegradables debido a que no pueden descomponerse de manera sencilla y en un corto periodo de tiempo.
Residuos orgánicos	Son residuos con un origen biológico, es decir, antes de ser residuos formaban parte de un ser viviente. Estos residuos son biodegradables porque se descomponen sin complicación en un corto periodo de tiempo.
Residuos peligrosos	Esta clase de residuos deben someterse a un tratamiento especial previo a su disposición final, debido al peligro que el manejo de estos representa para su alto grado de contaminación.
Residuos sólidos	objetos, materiales o sustancias derivadas de un consumo y/o bien, que un generador ha entregado, rechazado o bien abandonado.
Vector	Ser vivo que posee un alto potencial para transmitir enfermedades infecciosas a los seres humanos, dentro de esta categoría podemos encontrar a las moscas, las ratas y los mosquitos.

RESUMEN

Con el objetivo de proporcionar una herramienta para la gestión de residuos sólidos en una institución hotelera que cuente con la capacidad de aprovechar los residuos sólidos generados para así reducir la cantidad que es destinada a una disposición final, se presenta el diseño de un modelo de gestión integral de residuos sólidos.

Previo al desarrollo del modelo, se realizó una caracterización de los residuos sólidos que son generados dentro de la institución por un período de dos semanas, para ello se dividió el hotel en 4 áreas y se tomaron muestras diarias para analizar la composición física de los residuos de cada área, dentro de los parámetros analizados se determinó la masa de las muestras, volúmenes, densidades y producción per cápita.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño del modelo de gestión integral de los residuos sólidos, para su cometido se analizó la situación actual de cada una de las etapas del manejo de residuos en conjunto con los resultados de la caracterización para evaluar las deficiencias existentes y luego proponer una mejora para cada una de las etapas.

Con base a los resultados del estudio, se determinó de que no existe una relación directa entre el porcentaje de ocupación del hotel con respecto a la cantidad de residuos generados dentro de la institución, además que el tipo de residuos que más abundan dentro de la institución, son los del tipo orgánico, ya que representan alrededor del 75 % del total de los residuos generados, además estos poseen una densidad de 232 kg/m^3 . Por lo tanto, para el modelo de gestión,

se establecieron categorías de residuos a reducir mediante una separación manual desde la fuente, también se establecieron volúmenes para los recipientes de almacenamiento de acuerdo con las necesidades de cada área, se propusieron mejoras al sistema de recolección y transporte. Finalmente se propuso el compostaje como método de tratamiento para los residuos orgánicos generados y se evaluó la disposición final.

El estudio realizado demuestra que es factible la implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos dentro de una institución hotelera, ya que es posible aprovechar el 87 % del total de residuos sólidos generados, sin embargo, solo el 75 % pueden ser tratados directamente en la institución por medio del tratamiento propuesto, mientras que el porcentaje restante debe ser tratado con otros métodos. Los residuos sólidos que recibirán tratamiento dentro de la institución son del tipo orgánico y su generación representa un total de 50.24 kg por día. Por lo tanto, al reducir esta clase de residuos, también se minimizan los impactos negativos sobre el medio ambiente, pues la disposición de dichos residuos tiene lugar en un botadero a cielo abierto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los hoteles del municipio de Panajachel carecen de un manual para la gestión de los residuos sólidos generados dentro de sus instalaciones a causa del sector turístico, mismo que es de gran importancia región debido a su atractivo turístico. Por lo tanto, con una mayor afluencia de personas en la región, se tendrá como consecuencia una mayor generación de residuos sólidos debido a la mayor demanda en el consumo de insumos.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos generados es una de las principales causas de contar con un excedente en cuanto a la cantidad de estos se refiere, pues el volumen de los residuos sólidos aumenta en gran medida cuando se carece del conocimiento necesario para gestionarlos de tal manera que, se logre enfatizar con la preservación del medio ambiente. En el caso de las instituciones hoteleras no se cuenta con una herramienta que contribuya a reducir el excedente de residuos sólidos.

El no contar con una herramienta para la gestión de residuos sólidos se debe a la inexistente normativa destinada a instituciones hoteleras por parte de las autoridades a cargo, si bien estas se encargan de la recolección de los residuos del municipio, no hay constancia que el manejo de estos siga una metodología eficiente. Normalmente las autoridades municipales cuentan con un presupuesto muy limitado para el área de saneamiento ambiental, lo cual dificulta la creación de herramientas a favor del medio ambiente, sin embargo, esta falta de presupuesto radica en la planificación de la administración a cargo, ya que se suele dar prioridad a otros problemas.

La falta de esta clase de herramientas de gestión se ve reflejada directamente en el exceso de residuos sólidos en el área de disposición final, dando como resultado la saturación del sitio designado para este proceso, pudiendo llegar a colapsar, lo que haría que se pierda el sentido de realizar dicha disposición. Al contar con residuos expuestos a la intemperie, una planta de tratamiento pasaría a convertirse en un basurero a cielo abierto, lo que implica un aumento de: emisiones de gases de efecto invernadero, atracción de animales callejeros al lugar y proliferación de vectores.

Otro problema relacionado al manejo deficiente de residuos por una deficiente planificación es la contaminación del suelo y cuerpos acuíferos de la región, ya que sin un proceso adecuado de manejo de residuos estos se disponen en el terreno natural y al momento de presentarse una precipitación estos son arrastrados hacia los ríos que desembocan directamente sobre el Lago de Atitlán. Por otro lado, la falta de gestión también da origen a la creación de basureros clandestinos, que aparte de contaminar el suelo, al volverlo infértil, también contaminan los cuerpos acuíferos del subsuelo por la generación e infiltración lixiviados, que no son más que los líquidos resultantes de la descomposición orgánica de los residuos combinados con la humedad.

Derivado de las deficiencias de la planificación y manejo de residuos, cuyas consecuencias principales radican en daños ambientales, surgen las malas prácticas en instituciones hoteleras, las cuales no solo dañan su imagen comercial, sino que también causan el repudio de los turistas que visitan la región, mismos que son de gran importancia para el municipio de Panajachel, ya que parte importante de su economía se basa en el sector turístico.

Esto lleva a plantear la pregunta principal de este estudio: ¿Cómo se puede elaborar un modelo para la gestión integral de los residuos sólidos de un hotel del municipio de Panajachel?

Para responder a esta interrogante se deberán contestar las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Qué caracterización de residuos sólidos existe en la institución hotelera?
- ¿Cuál será la mejor manera de elaborar un modelo de gestión de residuos sólidos para un hotel?
- ¿Qué beneficios adicionales se obtienen de la implementación del modelo de gestión de residuos?

OBJETIVOS

General

Diseñar un modelo para la gestión integral de los residuos sólidos de un hotel del municipio de Panajachel Sololá, Guatemala.

Específicos

1. Caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en la institución hotelera.
2. Establecer un modelo de gestión integral de residuos sólidos para una institución hotelera.
3. Identificar los beneficios adicionales que se obtienen con la implementación del modelo de gestión de residuos sólidos.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio es del tipo cuantitativo descriptivo. En este se elaboró la propuesta de un modelo de gestión integral de residuos sólidos para una institución hotelera por medio de una caracterización de residuos sólidos, a su vez, se evaluaron las características físicas de los residuos que sirvieron como base para establecer una mejora en el manejo de estos.

Como primera instancia, se recolectó toda la información pertinente con las autoridades del hotel respecto a la frecuencia de recolección y el almacenamiento de los residuos. Esta información, se verificó durante el proceso de caracterización, además de servir como base para el diseño del modelo de gestión integral.

La caracterización de los residuos se llevó a cabo para encontrar la composición física de los residuos generados dentro de las instalaciones del hotel, como parte de este procedimiento se determinó el volumen y la densidad de dichos residuos. Para su cometido, la caracterización se basó en la metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, contenida dentro de la Guía para la Elaboración de Estudios de Caracterización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Se recolectó información durante un periodo de 2 semanas, siendo la primera semana durante la reapertura de las instalaciones luego de la suspensión de actividades suscitada por la pandemia del Covid-19 y la segunda semana durante un mes de gran afluencia turística. El área designada para llevar a cabo

la caracterización contó con una buena ventilación, estaba techada y con un piso liso, por lo tanto, los residuos analizados no sufrieron alteraciones por agentes externos.

Para la selección de muestras se dividió la institución en las siguientes cuatro áreas: restaurante y cocina, habitaciones y pasillos, recepción, y jardines. Se hizo de esta manera para evitar que se mezclaran o confundieran los residuos sólidos.

Para medir la masa de las muestras se hizo uso de dos pesas, una digital para medir los residuos más livianos y una analógica para los residuos más pesados. En conjunto con las pesas se utilizaron varios recipientes para evitar que los residuos analizados se esparcieran fuera de los límites de la pesa empleada, la selección de los recipientes se hizo a conveniencia y en todo momento se calibró en cero la pesa previa a realizar las mediciones.

La producción per cápita se determinó al tomar en cuenta el número de personas que generaron los residuos sólidos de acuerdo con su área de generación y la masa de las muestras previamente encontradas. Los encargados de generar dichos residuos fueron los huéspedes, los comensales y el personal de la institución.

Posteriormente se realizó el análisis físico de los residuos, para ello se agruparon los residuos por categoría, siendo estas: orgánico, papel y cartón, vidrio, plástico, material ferroso, material no ferroso, sanitarios, peligrosos, especiales y varios. Una vez clasificados los residuos se volvieron a pesar de manera individual. También se realizó una prueba de densidad, el cual consistió en determinar la masa de los residuos dentro de un recipiente con volumen conocido, para su cometido se utilizó una caja de madera y un recipiente

cilíndrico, este procedimiento se repitió de manera diaria hasta finalizar las dos semanas.

Al concluir con la caracterización se procedió a realizar el análisis de los resultados obtenidos con el fin de diseñar el modelo de gestión integral, para el cual se abarcaron las etapas de almacenamiento, separación, recolección, transporte, tratamiento, y disposición final.

En la etapa de almacenamiento se procedió a evaluar las condiciones en las que se almacenan los residuos dentro de la institución al momento de su generación hasta en el momento en que son recolectados por un camión recolector, dentro de las condiciones evaluadas se encuentra el tamaño de los recipientes para almacenar los residuos, pues estos tuvieron que adecuarse al volumen de los residuos generados.

Para la recolección y el transporte se evaluó el proceso empleado por las autoridades, para ello se analizó el equipo utilizado por los operarios, horarios y sistema de recolección. En el tema del transporte se evaluó la capacidad y el estado físicos de los vehículos utilizados.

En el tema de tratamiento de los residuos sólidos, se buscó reducir el volumen destinado para llevar a cabo la disposición final, por lo tanto, se seleccionó la técnica a emplear con base a los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos.

Para la disposición final de residuos se procedió a visitar el sitio donde son vertidos los residuos recolectados en la institución hotelera, para evaluar la infraestructura, ubicación geográfica, proceso de disposición, maquinaria, seguridad y tratamiento.

Finalmente, se procedió a brindarle a la institución una herramienta de apoyo para lograr estandarizar el proceso de gestión de residuos sólidos en su institución. La herramienta en cuestión es un manual que busca fomentar las buenas prácticas ambientales en el personal de la institución.

INTRODUCCIÓN

La generación excesiva de residuos sólidos dentro de una institución hotelera puede convertirse en un problema cuando no cuentan con el conocimiento necesario para brindar un manejo adecuado a los mismos. Dicho desconocimiento recae en la ausencia de una normativa específica por parte de las autoridades a cargo, si bien se encargan de recolectar los residuos sólidos, no existe evidencia de que se siga una metodología eficiente que tome en cuenta las necesidades de los hoteles.

Esto radica principalmente en las deficiencias de la administración municipal, ya que suele darles prioridad a otras áreas, dejando en segundo plano al área de saneamiento ambiental al otorgarle un presupuesto limitado, lo cual promueve la contaminación del suelo y cuerpos acuíferos de la región.

Con el objetivo de aportar una solución a la problemática, se presenta el diseño de un modelo de gestión de residuos sólidos para mejorar el manejo de los residuos dentro de una institución hotelera del municipio de Panajachel, con este modelo se fomentarán las buenas prácticas en el manejo residuos a favor del medio ambiente y la preservación de la salud humana.

La importancia del modelo radica en ser una herramienta efectiva para la reducción y reutilización de los residuos, que cumple con el marco legal correspondiente, además de beneficiar a la compañía hotelera y a las autoridades municipales mediante la mejora de los procesos de separación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final.

La metodología empleada incluye el procedimiento para realizar el modelo de gestión y la caracterización, para esta última se empleó la metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente para la realización de estudios de caracterización de residuos, la cual consiste en preparar un área de muestreo, realizar el muestreo, recolección y análisis de las muestras.

Posteriormente se diseñó el modelo de gestión de residuos sólidos, el cual abarcó las etapas de generación, separación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final para un hotel dentro del municipio de Panajachel, Sololá

Como parte del estudio realizado se obtuvieron resultados del proceso de caracterización, la cual se realizó en un período de dos semanas y en cada una de las áreas del hotel. En esta sección se sintetizó el modelo de gestión integral de residuos de acuerdo con cada una de sus etapas y los beneficios derivados de su implementación en la institución

En el capítulo 1, se muestra el marco teórico y antecedentes de la investigación que han servido como referencia para su desarrollo.

El capítulo 2 muestra la caracterización de residuos sólidos realizada, abarcando cada una de las etapas de su metodología con sus respectivos análisis.

La propuesta del modelo de gestión integral de residuos con cada una de sus fases, se presentan en el capítulo 3.

En el capítulo 4, se presentan los resultados del análisis de muestras, el análisis físico de los residuos con su respectiva caracterización, producción per cápita, densidades y mediciones estadísticas, también el sistema de gestión y los beneficios del modelo de gestión.

Asimismo, se presenta la discusión de resultados en el capítulo 5.

Finalmente, se concluye respecto a la viabilidad de la implementación de un modelo de gestión integral de residuos sólidos en una institución hotelera y se proporcionan las recomendaciones consideradas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

En Guatemala se han hecho estudios sobre el tema de manejo de desechos sólidos. A continuación, algunos que aportan datos importantes.

En el artículo *Propuesta de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos, caso validado en el mercado municipal de casillas, departamento de Santa Rosa, Guatemala* (Rodríguez y Ovando, 2016, p. 115), se propuso la implementación de un centro de acopio para evitar la acumulación excesiva de los desechos, evitar la contaminación por malos olores y brindarles un tratamiento previo a la disposición final de estos que consiste en el almacenamiento, separación y clasificación. La metodología empleada para analizar los residuos sólidos que se generan en el mercado municipal de casillas consistió en tomar varias muestras *in situ* para obtener la masa de los residuos por día y por semana.

Para la construcción del centro se tomó en consideración criterios legales, de localización, dimensionamiento, diseño y construcción, equipos mínimos requeridos y seguridad industrial. A los residuos sólidos se les dio la siguiente clasificación: materia orgánica, plástico, vidrio, papel, metal, *bricks*, baterías/otros y se mencionó la demanda que tiene el material reciclado en países de América Latina para su materia prima debido a los bajos costos. Se determinó que el área mínima para la construcción del centro acopio era de 190 m², la cual se repartió para la recolección de residuos, clasificación de residuos, lavado de material

reutilizable, almacenamiento, circulación, administrativa, servicios, recolección de material clasificado.

En la tesis *Elaboración de un plan de manejo integral de residuos sólidos para el vertedero controlado, ubicado en el km 22 carretera al pacífico, Villa Nueva, Guatemala* (Girón, 2017), se identificó la necesidad de implementar una planta para llevar a cabo la clasificación y la separación de los residuos sólidos con el objetivo de reducir el volumen de estos en el área de disposición final, ya que mensualmente se recupera un 0.82 % del material reciclable, para su cometido los desechos se clasificaron de acuerdo a su tipo: vidrio, metal, plásticos, papel/cartón, incluyendo también un contenedor para colocar residuos orgánicos y otro para materiales inflamables. Además, se propuso el compostaje como solución a la contaminación por lixiviados y los malos olores, usando para ello cámaras de compostaje.

Para lidiar con los materiales inflamables se propuso el coprocesamiento. De los resultados se determinó que los desechos orgánicos en dicho vertedero representan el mayor porcentaje de desechos, siendo este del 46.78 %, motivo por el cual se dedujo que dicha materia representa una mayor fuente de contaminación a causa de los lixiviados, por lo que este tipo de desecho se convirtió en prioridad.

En otros países se encontraron estudios relacionados al tema de investigación y se presentan a continuación.

En la publicación *Manejo integral de desechos sólidos en los principales barrios de un gobierno autónomo descentralizado parroquial - Ecuador* (Ruiz, Álvarez y Ortiz, 2017, p. 16), se expuso que, según información obtenida de la Organización de las Naciones Unidas, existe en América Latina un 54 % de los

desechos de los ciudadanos que terminan en un relleno sanitario, el 18 % se dispone en un vertedero controlado y el 25 % restante va a los tiraderos a cielo abierto, reflejando el déficit de infraestructura existente. Los resultados obtenidos apuntan a que cerca del 61 % del total de la población estudiada no posee conocimientos sobre el reciclaje de basura y de manera contrastante el 97.1 % de la misma afirma que es adecuado realizar el reciclaje, pero presentaron un escaso interés en el mismo.

De la publicación *Diseño de un sistema de gestión integral para el manejo de residuos sólidos en el mercado Merced - Ecuador* (Freire y Brito, 2015, p. 153), se llevó a cabo una caracterización de los residuos y una identificación de los impactos ambientales negativos con el objetivo de proponer alternativas para realizar la gestión integral de residuos. Se realizó un muestreo durante 8 días para determinar la producción per cápita de los residuos sólidos recolectados, los cuales se clasificaron como materia orgánica, plástico, papel, cartón y otros.

Se obtuvo un resultado de 0.18 kg/hab/día, lo cual es un valor bajo debido a la variación de visitantes y generación de residuos sólidos. Se elaboró la matriz de Leopold y se obtuvo un total de 22 impactos ambientales, de los cuales 2 eran positivos y 20 negativos, los cuales causan un mayor impacto en el suelo.

En la publicación *Caracterización de los residuos sólidos generados en el municipio de Cabinda, Angola* (Do Rosario, Barrios, y Muto 2014, pp. 48-55), se realizó la caracterización durante un periodo total de un año, este consistió en tomar muestras cada cinco días aplicando métodos de observación directa, análisis estadístico y la implementación de diversas técnicas tales como: encuestas y entrevistas orientadas tanto al sector productivo, como a la población y directivos del gobierno. Los residuos sólidos se clasificaron de acuerdo con el

autor Esquer, es decir como: recuperables, no recuperables nocivos, no recuperables inertes, transformables y residuos alimenticios.

1.2. Residuos sólidos

Se encuentran comprendidos por todos aquellos objetos, materiales o sustancias derivadas de un consumo y/o bien que un generador ha entregado, rechazado o bien abandonado, estos también son susceptibles a ser aprovechados o transformados en un nuevo bien, el cual podrá llegar a contar con un valor económico. Los residuos sólidos generados en una comunidad dependen en gran medida de su localización geográfica, del tipo de uso que se le da al suelo, el nivel de acceso socioeconómico y costumbres. (Grádiz y Raudales, 2012).

La generación de residuos sólidos ha aumentado de una manera considerable en las últimas décadas, por lo cual son considerados como una fuente de contaminación. Hace treinta años, la producción per cápita de residuos era de 200 a 500 g/hab/día, mientras que hoy se estima que está entre los 500 y 1000 g/hab/día. Según el informe titulado “Evaluación regional del manejo de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe del año 2010”, se expresa que la generación per cápita en América Latina y el Caribe de residuos sólidos domiciliarios llega a 630 g/hab/día, mientras que los residuos sólidos urbanos la cifra es de 930 g/hab/día (Acosta, Micaela, Trujillo y Montalvo, 2016, p. 148).

1.2.1. Clasificación de los residuos sólidos

Previo a tratar el tema de la clasificación, se abordarán los factores que pueden afectar la composición de los residuos sólidos. Además, se abarcará su clasificación de acuerdo con su origen, su composición y su biodegradabilidad.

1.2.1.1. Estructura de los residuos sólidos

Los residuos sólidos están constituidos por una amplia variedad de materiales, por lo tanto, su composición y cantidades generadas, dependerán del nivel de vida de la población de la región o de la actividad desempeñada, sin embargo, se puede apreciar una tendencia marcada, ya que por lo general existe un aumento en la generación de materiales como el metal, el plástico, el vidrio y el papel a medida que también aumenta el nivel de vida (Ormaza, 2015).

Tabla I. **Composición de residuos con base al nivel de vida**

Materia	Países Desarrollados	Países en vías de desarrollo
	% de la masa total	
Metales	3.60 – 8.00	0.70–1.60
Vidrio	6.50 –16.70	1.00 – 3.80
Tierra y Cenizas	0.20 –5.00	6.00 –16.00
Papel	14.00 – 32.00	2.60– 5.00
Cartón	5.00 –10.00	1.00 –1.80
Madera	0.20 –1.20	0.10–1.00
Plásticos	10.00–16.00	3.80–7.40
Gomas y Cueros	0.30–1.20	0.20–1.40
Textiles	3.25–6.50	2.00–4.10
Residuos orgánicos	40.00–55.00	58.00–80.20

Fuente: Ormaza (2015), *diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari de los cantones: Cañar, Biblián, El Tambor y Suscal en el año 2014.*

La generación de residuos sólidos también se puede ver influenciada por la climatología de la región en donde se generen.

Tabla II. Factores que afectan la composición de los residuos

Factores		Influencia
General	Específico	
Clima	Lluvia	Aumenta el contenido de humedad
	Navidad / Año nuevo	Aumento en embalajes (Papel, Cartón, Plástico, Metal) Aumento de materia orgánica Aumento en la generación de envases que contienen bebidas (Tetrapack, botellas de vidrio y latas)
Épocas especiales	Vacaciones escolares	Disminución de población en áreas de ciudades no turísticas Aumento de población en lugares turísticos
	Otras festividades	Aumento de envases de bebidas (latas, botellas de vidrio, tetrapack, PET)
Demografía	Población Urbana	A mayor población, mayor es la generación de capital.
	Poder adquisitivo	Cuando la población cuenta con un poder adquisitivo mayor, entonces la proporción de material reciclable es aumentará y la materia orgánica disminuirá
	Poder adquisitivo (por mes)	Mayor consumo de productos superfluos en fechas cercanas al pago de sueldo
Socioeconómico	Poder adquisitivo (por semana)	Existe una demanda más elevada de productos superfluos durante el transcurso del fin de semana
	Desarrollo tecnológico	Materiales más livianos que reducen el peso específico aparentemente de residuos
	Fomento de establecimientos comerciales	Aumento de embalajes

Fuente: Ormaza (2015), *Diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari de los cantones: Cañar, Biblián, El Tambor y Suscal en el año 2014.*

1.2.1.2. Residuos sólidos según su origen

Los residuos sólidos también se pueden clasificar de acuerdo con el origen, este tipo de clasificación suele ser muy utilizado en los rellenos sanitarios.

Tabla III. Clasificación de residuos de acuerdo con su origen

Origen	Descripción	Instalaciones o lugares de generación	Tipos de residuos
Domiciliario	Son los residuos más comunes, pues su generación reside en los domicilios	Viviendas unifamiliares y multifamiliares	Residuos de comida, papel, plásticos, restos de comida, cuero, madera, aceites, colchones, latas, baterías, residuos de jardín, neumáticos.
Comercial	Se generan en establecimientos comerciales de bienes y servicios	Restaurantes, supermercados, bares, mercados, hoteles, talleres mecánicos...	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, vidrio.
Industrial	Estos residuos se generan a causa de las diversas ramas de la industria, es decir manufactura, minería, energía, pesca, artes gráficas, textiles.	Refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, materiales de construcción, aceiteras.	Grasas, pinturas, lacas, barnices, metales, plásticos, textiles, cuero, cartón, papel, residuos peligrosos varios
Hospitalarios	Se generan en las actividades destinadas a la, investigación y atención médica	Hospitales, centros de salud, laboratorios clínicos, consultorios	Mascarillas desechables, guantes, vendas, algodón usado, jeringas, restos de tejidos humanos, restos de fármacos.
Construcción	Conformados por residuos inertes provenientes de actividades de construcción, estos no representan un riesgo sanitario, pero su manejo es difícil en grandes cantidades.	Carreteras, puentes, edificios, construcciones nuevas en genera.	Madera, acero, suciedad, residuos de polvo, ripio,

Continuación tabla III.

Municipales	Estos residuos se generan a causa del servicio de barrido municipal, así como la limpieza de lugares públicos.	Limpieza de calles, parques, playas, zonas de recreación, limpieza de cuencas.	Ramas de árboles y plantas, hojas secas, plástico, cartón, vidrio, tierra, latas, animales muertos.
Rastros	Estos residuos se generan en las empresas que utilizan la carne de animales para consumo o transformación	Industria cárnica del pollo, res, cerdo y mariscos, empolladores, industria del cuero.	Rastro de res, cascarilla de huevo, rastro porcino, rastro aviar, mariscos.
Peligrosos	Esta clase de residuos sólidos deben someterse a un tratamiento especial previo a su disposición final, debido al peligro que el manejo de estos representa por su alto grado de contaminación.	Demoliciones de estructuras, vehículos, plantas de tratamiento, baterías	Excretas humanas, desechos de demoliciones con contenido de asbesto, algunos repuestos de vehículos, lodos de plantas de tratamiento, ácidos.

Fuente: elaboración propia, basada en los datos de Rentería y Zeballos (2014).

1.2.1.3. Residuos sólidos según su biodegradabilidad

De acuerdo con su biodegradabilidad, los residuos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. La biodegradabilidad hace referencia a la capacidad con la que cuenta dichos residuos para descomponerse en un ambiente natural sin intervención alguna.

- Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos tienen un origen biológico, es decir, que antes de convertirse en residuos formaban parte o bien eran un ser vivo (González, 2017).

Estos residuos son biodegradables debido a que se descomponen sin mayor complicación y en un periodo corto de tiempo, dentro de esta clase de residuos podemos encontrar los desechos de jardín, restos de alimentos, huesos, residuos agrícolas, entre otros. Dentro de este grupo quedan fuera las excretas de origen animal y humano (Ormaza, 2015). Las excretas deben ser tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales.

- Residuos inorgánicos

Los residuos inorgánicos tienen un origen no biológico y además no se les considera un peligro potencial para que deba recibir un tratamiento especial (González, 2017).

Estos residuos no son biodegradables debido a que no pueden descomponerse de manera sencilla y en un periodo de tiempo corto, dentro de esta categoría de residuos podemos encontrar al aluminio, el vidrio, el plástico, ripio (Ormaza, 2015).

1.2.1.4. Residuos sólidos según su composición

La clasificación de los residuos de acuerdo a su composición es uno de los sistemas de más completos, ya que a cada categoría se le asigna un grupo específico de residuos a contener.

- Papel

El papel es un material muy utilizado para todo tipo de tareas, cuenta con un origen orgánico, si este se encuentra en buen estado puede ser reciclado, para que se considere en buen estado debe estar limpio, por lo que este no debe

encontrarse manchado con ninguna clase de sustancia. Además, el papel carbón, el celofán, servilletas, envases de comida y el papel de fotos, son ejemplos de papeles que no pueden ser reciclados.

El reciclaje del papel es una técnica que se encuentra en una evolución constante, cabe destacar que por cada tonelada de papel que se recicle, se salvan más de 15 árboles de ser talados (Ormaza, 2015). Es importante remover elementos extraños como grapas y plásticos del papel antes de depositarlos en un recipiente para su recolección.

- Vidrio

El vidrio es un residuo sólido inorgánico, este no puede ser degradado con la suficiente velocidad para ser considerado como un residuo orgánico, debido a que está compuesto por minerales y/o materiales sintéticos (Girón, 2017).

El vidrio es un material que se encuentra compuesto por sílice, estabilizantes alcaloides, no es considerado como un peligro para la naturaleza debido a que únicamente está compuesto por elementos inertes que se encuentran comúnmente en el suelo (Ormaza, 2015). La mayor parte de estos residuos provienen de envases de bebidas y cristales de ventanas, sin embargo, el vidrio de envases es el único que se recicla en grandes cantidades y para su cometido este se clasifica de acuerdo con el color del envase. Por otro lado, no es posible reciclar: espejos, lentes, focos de luz, tazas y demás objetos elaborados de cerámica.

- Metal

Este material normalmente se considera chatarra, puede ser encontrado frecuentemente en utensilios de cocina, latas de bebidas y herramientas de trabajo. Los metales pueden ser reciclados con relativa facilidad (García, 2018).

Dentro de los metales que pueden ser recuperados se encuentra el aluminio, el cobre, el bronce, el plomo y el hierro. Para llevar a cabo el reciclaje de metales es necesario fundirlos, ya que de esta manera se pueden procesar para formar metales nuevos, por lo que es importante que los metales sean lo más puros posibles porque si se encuentran combinados con otras sustancias entonces se dificulta el proceso de recuperación del material (Ormaza, 2015). En las edificaciones comerciales y residenciales es normal encontrar el cobre en los cables eléctricos, hierro en las tuberías y el aluminio en latas de toda clase.

- Pinturas

Las pinturas están formadas por aglutinantes, sustancias químicas que no deben desecharse junto a otros residuos debido a la contaminación causada por los restos de pintura, además de ser altamente inflamables. Por todas estas razones es necesario tratar estos residuos de la misma manera en que se manejan los residuos peligrosos.

- Plástico

El plástico es un derivado del petróleo que cuenta con un alto valor comercial debido a la gran utilidad que representa para el ser humano, pues este se utiliza en la elaboración de objetos que buscan facilitar el cumplimiento de tareas específicas, ejemplo de ello son los recipientes que sirven para albergar

desinfectantes, alimentos, bebidas, entre otros, así como los dispositivos electrónicos.

El plástico es uno de los residuos más abundantes, lo cual se debe a la diversidad de tipos de plástico que existen y a su gran utilización en productos de consumo diario. Se considera que los dos tipos de plástico más utilizados son el tereftalato de polietileno (PET) en botellas de bebidas y el poliestireno (PS) en utensilios de cocina desechables como vasos y platos (Quiñonez, 2016).

Para recuperar el plástico es necesario, recolectarlo, triturarlo, mezclarlo con resina nueva y regranularlo. Sin embargo, para facilitar el reciclaje de este material es necesario agruparlo de acuerdo con el tipo de polímero que se utilizó para elaborarlo. El tipo de resina utilizado se identifica con su respectivo Código de Identificación Plástico (PIC) (Ormaza, 2015).

Tabla IV. **Código de identificación de plástico**

Código de Identificación de Plástico	Tipo de polímero plástico	Propiedades	Utilización
	Tereftalato de polietileno (PET, PETE)	Posee dureza, resistencia, claridad, y es una barrera contra gases y el vapor	Envases de jugos, bebidas gaseosas, comestibles, artículos de farmacia...
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Posee dureza, resistencia a la humedad, permeabilidad a los gases.	Tuberías para agua, envases de leche, jugo y agua.
	Policloruro de vinilo (PVC)	Posee versatilidad, dureza y resistencia	Tuberías para agua potable, pancartas de publicidad, tarjetas de crédito y débito, mangueras...

Continuación tabla IV.

	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Posee dureza, resistencia, facilidad de procesamiento, flexibilidad.	Botellas exprimibles, bolsas para alimentos congelados.
	Polipropileno (PP)	Posee dureza, resistencia al calor, versatilidad, dureza	Vajilla reutilizable para microondas, contenedores varios, elementos de cocina.
	Poliestireno (PS)	Posee claridad y versatilidad	Tazas, platos, bandejas para huevos, cubiertos desechables
	Otro (normalmente es policarbonato o ABS)	Depende de los polímeros utilizados	Cristales irrompibles, discos compactos, gabinetes de aparatos electrónicos.

Fuente: Ormazá (2015), *diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari de los cantones: Cañar, Biblín, El Tambor y Suscal en el año 2014.*

- Baterías

Las baterías se encuentran compuestas por elementos como el litio, cobre y aluminio, por lo general se utilizan en gran parte de los dispositivos electrónicos como los celulares móviles. Aquellas que son desechadas conforman parte de lo que actualmente conocemos como *E-waste*, los cuales están constituidos por equipos electrónicos que abarcan dispositivos relativamente pequeños como teléfonos celulares, hasta grandes equipos de computación. Cabe resaltar que gran parte de los residuos que conforman esta categoría son contaminantes, por

lo que representan un gran riesgo para la salud y también para el medio ambiente (Ruiz, Álvarez y Ortiz, 2017).

Algunas de estas baterías pueden ser reutilizables, tal es el caso de las baterías de vehículos, siendo estas muy comunes a causa de la existencia de lugares especializados que se encargan de comprar baterías usadas para restaurarlas y venderlas.

1.2.2. Residuos sólidos en industrias hoteleras

Tradicionalmente se ha asociado la problemática ambiental a las empresas manufactureras, debido al impacto ambiental que pueden causar con los residuos de su actividad industrial, pues los mismos representan un mayor riesgo, sin embargo, a las empresas de servicios se les ha brindado una menor atención en cuanto a esta problemática. Esto no quiere decir que el sector de servicios no provoque impactos negativos en el medio ambiente en cuanto al desarrollo de sus actividades se refiere, sino que el análisis y regulación de estas empresas no ha sido algo prioritario (Álvarez, De Burgos y Céspedes, 2001).

El manejo inadecuado de los residuos sólidos en una institución hotelera trae consigo perjuicios a la salud de los trabajadores y clientes de la institución, ya que es capaz de provocar problemas de salud pública y contaminación ambiental. Un plan de manejo de residuos es capaz brindar acciones de prevención y corrección de los impactos relacionados con la generación de residuos descontrolada (Jaramillo, 2021).

Un aspecto estratégico para tomar en cuenta es el tipo de turismo que se encuentra dentro de la clientela del establecimiento hotelero, pues este se encuentra directamente vinculado a la localización geográfica de la institución, ya

que esto influye en la gestión que se les brindará a las actividades por realizar. En primer lugar, hay que considerar la clase de actividades que lleva a cabo un cliente durante su estadía en el lugar, también se debe establecer cuando sea posible, la presencia y el contacto que este tenga con el entorno natural dentro de las instalaciones.

Como siguiente paso, hay que considerar la duración promedio de su hospedaje dentro del establecimiento, dado que esto concede un margen diferente para emprender diferentes iniciativas ambientales con base a este tiempo. Finalmente está el motivo por el cual el cliente escogió el establecimiento para hospedarse. De acuerdo con los factores citados es posible que se cuente con una preocupación más alta a optar por una protección del entorno natural más próximo a las instituciones hoteleras (Álvarez et al, 2001).

El diseño y la estructuración de un plan de manejo de residuos sólidos en un hotel debe ser integral, ya que al momento de realizar un análisis de múltiples variables que intervienen en el proceso, es necesario incluir a toda la organización de la institución hotelera, ya que la composición de sus residuos dependerá del área en la que se encuentre el trabajador, por lo tanto, es necesario nombrar las áreas de la institución y las personas que intervienen en el plan de manejo. (Jaramillo, 2021).

El tamaño de una empresa hotelera es una propiedad cuya modificación resulta complicada. Este factor puede tener una influencia en la estrategia ambiental que adoptará la institución desde dos perspectivas, debido al hecho de que los hoteles con instalaciones más grandes se encuentran sujetos a ser más visibles en cuanto al impacto ambiental causado cuando se compara con los hoteles de menor tamaño, también existirá una mayor presión social sobre estos, por lo que normalmente suelen destinar una mayor disponibilidad de recursos

para investigar y desarrollar soluciones enfocadas a la preservación del entorno natural (Álvarez et al, 2001).

Dentro del ámbito turístico, las empresas hoteleras han diseñado guías y normas a manera de certificaciones y ecoetiquetas y a un nivel más general también han creado manuales de buenas prácticas ambientales. Todos estos instrumentos fueron creados para lograr que los alojamientos turísticos puedan pensar y planificar su estructura empresarial desde una perspectiva que sea sostenible y amigable con el medio ambiente. Sin embargo, existe una falta de racionalización de criterios en cuanto al manejo de residuos sólidos en alojamientos turísticos, debido a que tampoco existe un organismo de certificación mundial que aúne los criterios generales sobre el tema. Por lo que queda a libre criterio de los intereses de cada país o región geográfica que desarrolle su propia normativa lidiar con las posibles consecuencias que guarden relación con este tema (Acosta et al, 2016).

Las empresas generalmente presentan una respuesta ambiental que se encuentra frecuentemente relacionada a la presión social, sin embargo, existen diferentes maneras de exteriorizar la presión social, pero dependerá de quién la esté ejerciendo, pues los entes que la ejerzan son la administración pública u otras asociaciones conformadas por clientes y/o vecinos. También se debe considerar de la manera en que la presión se ejerza, por ejemplo, mediante la imposición de diversas normas, incentivos o denuncias. (Álvarez et al, 2001).

A pesar de la nula existencia de un organismo de certificación mundial relacionado con el manejo de residuos, cabe destacar la existencia del Consejo Global de Turismo Sostenible (GSTC), el cual se encarga de certificar a una variedad de empresas asociadas al turismo, tanto públicas como privadas, y con el aval de la Organización Mundial del Turismo (OMT) (Acosta et al, 2016).

1.3. Caracterización de residuos sólidos

Para llevar a cabo la gestión integral de los residuos sólidos es necesario conocer las características principales de los residuos en relación con su generación, composición y densidad, ya que por medio de esta es posible diseñar los sistemas de recolección, transporte, disposición final y creación de normas desde una perspectiva más técnica y sustentable (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, pp. 1-28).

Una caracterización es un método utilizado para llegar a determinar la composición de los residuos sólidos para posteriormente diseñar y mejorar el proceso de gestión integral, además de apoyarse en la optimización de los recursos disponibles (Girón, 2017).

Al momento de llevar a cabo una caracterización de residuos sólidos hay que tomar en cuenta que los métodos estándares para realizar un análisis que fueron desarrollados en países con mayores ingresos son más complejos, por lo tanto, es muy probable que la metodología que empleen se encuentre fuera del alcance de un país en vías de desarrollo, debido a las carencias de recursos que existen (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, pp. 1-28).

1.3.1. Metodología

La metodología empleada para llevar a cabo una caracterización de residuos cuenta con un objetivo, el cual es llegar a averiguar las características físicas principales relacionados con la generación, composición y densidad de estos para posteriormente diseñar sistemas para ejecutar la recolección, el transporte y la disposición final de manera técnica (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, pp. 1-28).

1.3.1.1. Equipo requerido para caracterización

El equipo requerido para llevar a cabo la caracterización consiste en: toneles limpios sin abolladuras, palanganas de plástico, palas curvas, guantes, escobas, mascarillas, botas de hule, pesas de piso, bolsas de polietileno, ligas de hule para cerrar las bolsas.

1.3.1.2. Procedimiento de caracterización

Para realizar una caracterización es necesario contar con un área cercana que cuente con buena ventilación y esté techada, además es importante que el piso sea liso, evitando que este sea de tierra para evitar que se mezclen los residuos. Previo al inicio de la caracterización es necesario contar con la información necesaria para conocer las generalidades de los actores involucrados. Además, es importante socializar con todos los grupos involucrados en el proceso de gestión de residuos sólidos (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, pp. 1-28).

- **Muestra**

Para seleccionar una muestra se puede utilizar el método de muestreo simple aleatorio, el objetivo de este método consiste en seleccionar aleatoriamente una muestra dentro de la población total, de tal manera que cada unidad muestral tenga la misma probabilidad de ser elegida. Es importante contar con un plano del área de estudio para facilitar el trabajo (García y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, pp. 1-28). El estudio debe realizarse en días seguidos, sin embargo, el tiempo en el que se realiza el muestreo varía de una bibliografía a otra, siendo esta realizada desde periodos de 3 días hasta 3 semanas.

Otro método para la selección de una muestra consiste en la utilización de fotografías aéreas y hojas cartográficas. Para su cometido es necesario crear una capa de polígonos sobre una ortofoto con el objetivo de identificar las viviendas del área de estudio, posteriormente hacer uso de la ecuación de tamaño de muestra para obtener la cantidad de viviendas a muestrear (González, 2017).

Figura 1. **Ecuación del tamaño de muestra**

$$n = Z^2 \left(\frac{N * p * q}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q} \right)$$

Fuente: González (2017), *modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá.*

Donde:

n = cantidad de viviendas a muestrear.

N = tamaño de la población de estudio, expresado en número de viviendas.

Z = confiabilidad estadística.

p = probabilidad de éxito.

q = probabilidad de fracaso

e = error máximo admisible

Para seleccionar la población que participará es necesario abarcar aquellas viviendas y/o establecimientos comerciales que se encuentran dentro del área de estudio. Para ello, normalmente se divide a la población de acuerdo con su estrato socioeconómico, sin embargo, en el caso de Guatemala suele ser difícil delimitar un estrato social de otro, por lo que generalmente se identifica como estrato mixto cuando se abarca más de un estrato (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

- Recolección de muestras

Al momento de recolectar las muestras es aconsejable identificar las bolsas por medio de colores, de esta manera se pueden identificar el área a la que pertenece la muestra de una manera visual (García, 2018, p. 47). Otra manera para identificar las bolsas recolectadas es mediante un código, pues de esta manera es más fácil saber la procedencia de esta. Además, hay que pesar cada bolsa para registrar su valor. Se recomienda colocar una marca en cada unidad de la muestra para llevar un mejor control del estudio (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, p. 1-28).

- Masa de las muestras

Es necesario pesar las muestras y registrar el valor en un cuadro con base a la identificación realizada en la bolsa, sin embargo, se aconseja no intentar medir la masa de las bolsas directamente sobre las pesas de pie debido a que la consistencia de estas no permite registrar el valor real de la masa. Por este motivo es mejor colocar la bolsa dentro de un recipiente rígido y vacío, para después determinar la masa de la muestra, sin olvidar restar la tara del recipiente (Girón, 2017, p. 30). Además, es recomendable tener dos tipos de pesas, una para masa mayores a 1 kilogramo y otra para masas menores (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018, p.15).

- Producción per cápita

Para determinar la producción per cápita es necesario determinar la cantidad de usuarios del servicio de recolección y la muestra, determinar los kilogramos de residuos por usuario mediante la sumatoria de los kilogramos registrados y determinar la cantidad de habitantes por hogar (García, 2018).

El valor de la producción per cápita (PPC) hace referencia a la producción de residuos que una persona genera en el lapso de un día completo, para obtener este dato es necesario llevar un registro diario de la muestra durante el tiempo que dure el estudio. Una vez obtenida la masa de todas las muestras durante los días considerados se procede a sumar la masa total y luego este se divide por el número total de personas que corresponda al lugar de muestreo, este dato a su vez es dividido por el total de días empleados para recolectar las muestras (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Figura 2. **Fórmula de producción per cápita**

$$PPC = \left(\frac{\text{Masa total de las muestras (kg)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} \right) * \frac{1}{7} \text{ días}$$

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018), p.15, *guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*.

Donde:

PPC = Producción per cápita expresada en kg/hab/día.

1.3.2. Análisis físico de los residuos sólidos

El análisis físico de los residuos sólidos está conformado por la prueba de composición física y la prueba de densidad.

1.3.2.1. Prueba de composición física

La prueba de composición física permite determinar los parámetros necesarios para contar una gestión efectiva de residuos, ya que de acuerdo con los resultados que otorgue el estudio realizado, será posible diseñar un sistema

de gestión para los residuos sólidos. Para realizar la prueba es necesario determinar con las cantidades de los residuos sólidos con exactitud respecto a los distintos tipos de materiales que los conforman, para ello el procedimiento consiste en obtener una relación de la masa por categoría (Ormaza, 2015).

Cada categoría de residuos debe pesarse de manera individual para posteriormente obtener el porcentaje que representa, este cálculo debe realizar de manera diaria (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Figura 3. **Fórmula del porcentaje de residuos por día**

$$\text{Porcentaje de residuo generado} = \left(\frac{\text{masa del residuo de interés}}{\text{masa total de la muestra}} \right) * 100$$

Fuente: elaboración propia, basada en los datos de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018), *guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*.

1.3.2.2. Prueba de densidad de los residuos sólidos

La densidad es un parámetro que influye en las posibilidades del tratamiento de los residuos, ya que este valor varía de manera notable de un residuo a otro, lo cual se ve reflejado en la existencia de diversas técnicas de clasificación y separación de residuos, así como también para los métodos de transporte para cada caso en cuestión (Girón, 2017).

La prueba de densidad de los residuos sólidos consiste en determinar la masa que poseen los residuos contenidos en un metro cúbico. Como primera instancia es necesario determinar el volumen del tonel o recipiente a utilizar, luego hay que depositar los residuos dentro del recipiente, tratando la manera de no ejercer presión con el objetivo de que la masa volumétrica no sufra ninguna

alteración, sin embargo, hay que hacer que los residuos se asienten dejando caer el tonel de una altura menor a 11 cm. Una vez se encuentre completamente lleno el recipiente, se procede a registrar el valor de la masa total, tomando la precaución de no tomar en cuenta la masa del recipiente usado para el estudio. Finalmente se calcula la densidad (García y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Figura 4. **Fórmula para densidad de residuos**

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa de los residuos contenidos en un recipiente (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018), p. 19, *guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*.

1.4. Sistemas de gestión de residuos sólidos

Estos sistemas abarcan todas las etapas del proceso de gestión de residuos, las cuales están comprendidas por la generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

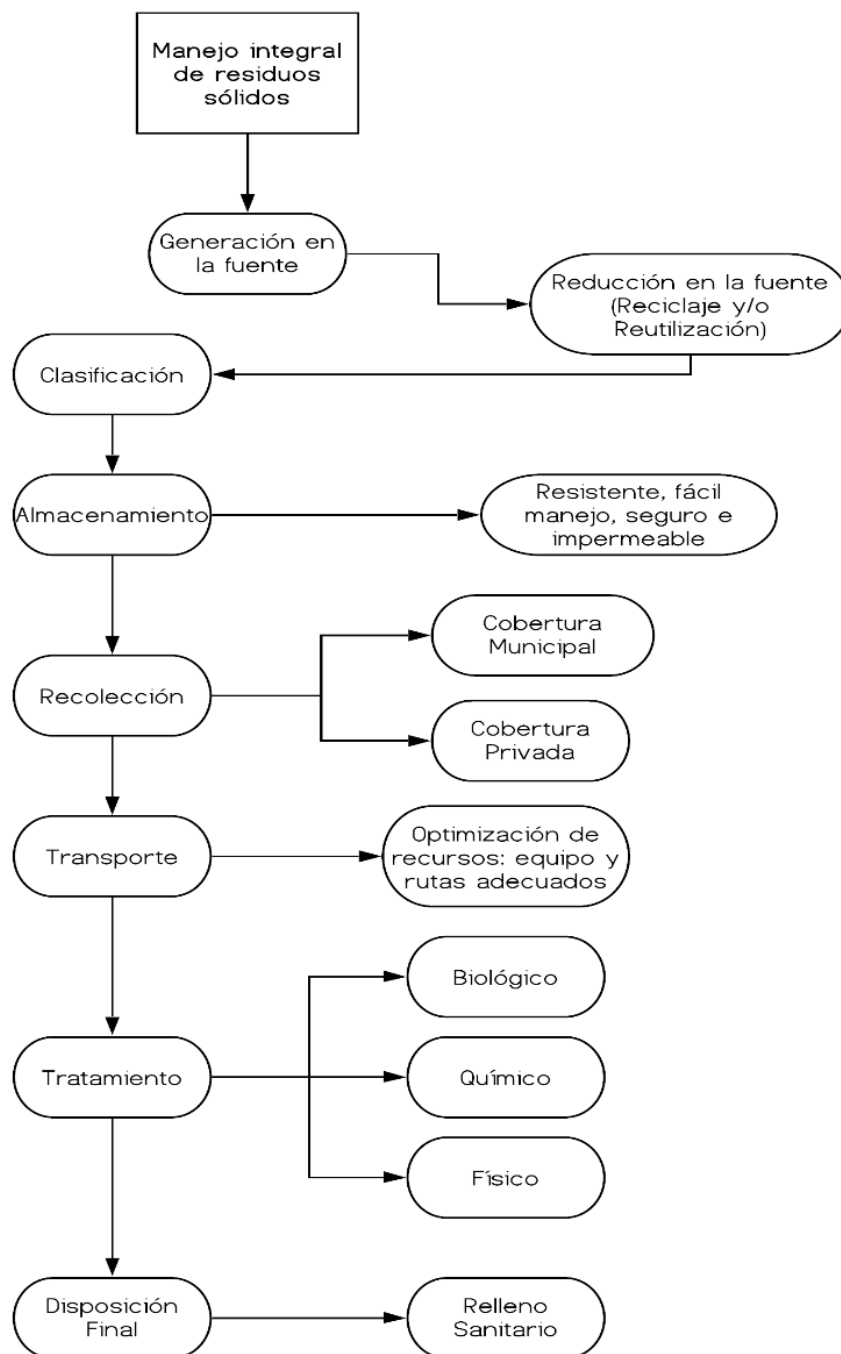
1.4.1. Gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos se define como aquella disciplina que se encuentra asociada con las etapas de generación, almacenamiento, recolección, transferencia, procesamiento y la disposición de los residuos, con el objetivo de armonizar con los principios correspondientes a la salud pública, la economía, la ingeniería y otras consideraciones ambientales, pero siempre cumpliendo con las expectativas ambientales (Grádiz y Raudales, 2012).

La gestión de residuos sólidos consiste en eliminar o aprovechar los residuos generados, por medio de métodos seguros. Por medio de dicha gestión se busca dar una solución al problema que implican los patrones no sustentables de la producción y el consumo, además de conciliar el desarrollo y la protección del medio ambiente (García, 2018).

La definición de gestión integral de residuos sólidos reside en las tecnologías, técnicas y programas de gestión cuya aplicación busca lograr metas y objetivos específicos en la gestión de residuos. El objetivo principal de la gestión integral es proteger la salud humana del lugar de estudio, así como promover la conservación del entorno natural. Para lograr cumplir con este objetivo es necesario que la comunidad cuente con una buena educación sanitaria y la capacidad de manejar de una manera apropiada cada etapa del proceso de los residuos sólidos. (Grádiz y Raudales, 2012).

Figura 5. Diagrama de etapas del manejo integral de residuos



Fuente: elaboración propia con información de Grádiz y Raudales (2012), realizado con Lucidchart.

1.4.2. Etapas del manejo integral de residuos

Las etapas del manejo integral de residuos se describen a continuación:

1.4.2.1. Generación en la fuente

Esta etapa está comprendida por la producción de residuos desde su origen, pudiendo ser del tipo domiciliar, industrial, comercial u hospitalario (García, 2018). Los residuos sólidos son producto de las diferentes actividades que desarrollan los seres humanos en su diario vivir, por eso las características de los residuos varían dependiendo de su lugar de origen, la actividad económica que se realice, así como las características geográficas y sociales de la región (Grádiz y Raudales, 2012).

Para diseñar un sistema de gestión de residuos sólidos es necesario considerar estos aspectos:

- Producción por habitante: consiste en estimar la producción total de residuos sólidos que se producen en un determinado lugar y tiempo.
- Densidad: consiste en estimar el tipo y volumen para contenedores de basura, la frecuencia de la recolección, calcular la capacidad de vehículos de recolección y determinar los requerimientos para el área de un relleno sanitario.
- Composición física: por medio de esta herramienta se evalúa la factibilidad de implementar opciones como el reciclaje, compostaje e incineración.

1.4.2.2. Almacenamiento

Esta etapa empieza en el instante en el que se disponen los residuos en un recipiente y termina cuando son depositados en un camión recolector (García, 2018). El procedimiento busca retener los residuos sólidos en un lugar seguro, con el objetivo de evitar contaminar el medio ambiente, así como evitar que causen un mal aspecto, pues es de recordar que aún es una etapa de transición (Grádiz y Raudales, 2012).

Para el almacenamiento de residuos sólidos se utilizan recipientes con características específicas, de las cuales sobresalen los siguientes:

- Protección a la salud
- Sistema de recolección empleado
- Frecuencia de recolección de los residuos
- Características de los residuos sólidos, así como volumen y densidad

Además, es muy importante resaltar que para cumplir la función de almacenamiento es necesario que los recipientes cuenten con las siguientes características:

- Ser de fácil mantenimiento
- Estar fabricados de un material resistente
- Contar con una tapa ajustada para evitar el acceso de moscas y roedores.
- Tener asas laterales para contar con un mejor manejo del recipiente.
- No ser inflamables
- Ser impermeables
- No deben tener aristas afiladas para evitar lesiones en el operador

Actualmente las principales opciones disponibles para almacenar residuos sólidos son los siguientes:

- Recipientes de almacenamiento: forma de recipiente más utilizada, estos constituyen un producto económico y rustico, pero con la exigencia que necesita una intervención manual. El material de estos recipientes ofrece un servicio de recolección fácil de organizar y de bajo costo (Rondón, Szantó, Pacheco, Contreras y Gálvez, 2016).
- Bolsas desechables o sacos: normalmente están hechos de plástico y cuentan con una cinta para cerrarlos y de esta manera evitar derrames y la emisión de malos olores. Sin embargo, deben contar con propiedades técnicas adecuadas, porque de esta manera se evita que exista la posibilidad que el operario llegue a lastimarse con algún objeto punzocortante (Rondón et al, 2016).
- Contenedores con ruedas: Estos recipientes se encuentran fabricados de un plástico que posee una gran resistencia, además se encuentran equipados estos componentes:
 - Ruedas fijas para su movilización
 - Tapa con bisagra
 - Sistema especial conformado por un enganche especial para la elevación y vaciado automático en camiones recolectores.

El tamaño y la distribución de estos recipientes debe realizarse en función de diferentes factores, como el tipo de edificación, el número de viviendas, personas que lo habitan y frecuencia de la recolección. Sin embargo, la

optimización de su uso requiere que los camiones recolectores cuenten con un equipo eleva-contenedores (Rondón et al, 2016).

- Contenedores de gran capacidad: Estos pueden ser abiertos o cerrados, algunas veces se encuentran equipados con equipo auto compactador que permite reducir hasta 2/3 del volumen de los residuos. Cuentan con lugares de anclaje en la parte delantera y trasera, que les permiten a los vehículos cargarlos gracias a los elevadores tipo *amproill* con los que van equipados. Estos contenedores sirven para depositar residuos voluminosos como electrodomésticos o muebles (Rondón et al, 2016).
- Contenedores para recogida selectiva: Estos pueden ser de diferentes capacidades y formas, pero generalmente se encuentran fabricados de un plástico de alta resistencia. Están diseñados para almacenar exclusivamente un tipo de residuo, por tal motivo, normalmente se ubican en centros de acopio y en otras zonas estratégicas. El uso de estos contenedores favorece la recuperación de materias prima para ser empleadas en la industria.

1.4.2.3. Recolección y transporte

Esta etapa consiste en realizar un recorrido por las calles de la región con la intención de evacuar los residuos desde su fuente de origen para trasladarlos a una instalación de procesamiento de materiales, un centro de transferencia, reciclaje o relleno sanitario (García, 2018).

Es importante destacar que los servicios que corresponden a la recolección de residuos representan alrededor del 50 % de los costos totales de gestión, por

lo tanto, es importante que la operación se realice adecuadamente (Tchobanoglous, 1997).

El tipo de vehículo a utilizar para transportar los residuos debe adaptarse a las necesidades de la población, si la comunidad es pequeña el vehículo puede ser uno tipo *pickup*, pero si se trata de una gran ciudad es mejor utilizar camiones compactadores que cuenten con un mecanismo de recogida automática. Cabe destacar que la eficiencia en esta etapa no está acompañada únicamente del tipo de vehículo, pues también se debe tomar en consideración el trazado de las rutas, la frecuencia de la recolección y el método de recolección. La frecuencia promedio de recolección en Guatemala es de dos veces a la semana y está determinado por la producción per cápita por persona. En ninguno de los casos se deben dejar de recolectar los residuos sólidos por más de una semana (Grádiz y Raudales, 2012).

Algunas consideraciones que hay que tomar en cuenta al momento de trazar la ruta de recolección de residuos son las siguientes:

- Identificar las políticas y normas existentes en la región del estudio que guarden una relación con la frecuencia y los puntos de la recolección.
- Es aconsejable trazar las rutas de la tal manera que el último recipiente a ser recolectado sea aquel que se encuentra más cercano al área de disposición final.
- Priorizar aquellos lugares donde se produzcan mayores cantidades de residuos para recolectarlos durante la primera parte del día (González, 2017).

1.4.2.4. Tratamiento

Esta etapa tiene lugar previo a la disposición final y tiene como objetivo disminuir la contaminación y proteger la salud, las metodologías más utilizadas se describen a continuación:

- **Incineración**

En este proceso los residuos sólidos se someten a combustión completa a temperaturas altas durante un tiempo de retención óptimo, el resultado de este proceso es un material inerte y con un volumen inferior al del producto inicial. Normalmente facilita la etapa de tratamiento en zonas urbanas gracias a la poca disponibilidad de espacio que hay en los rellenos sanitarios (Grádiz y Raudales, 2012).

La reducción del volumen es del 80 al 90 % y la reducción de la masa es aproximadamente del 70 %, pero al final dependerá del contenido proporcional de combustibles e inertes (Rondón et al, 2016).

El proceso de incineración represente un costo elevado, además una gran fuente de contaminación para la atmósfera por causa de las emisiones de dioxinas que también pueden afectar la salud humana, por lo que es importante que los efluentes gaseosos sean controlados adecuadamente durante su ejecución (Grádiz y Raudales, 2012).

- **Compostaje**

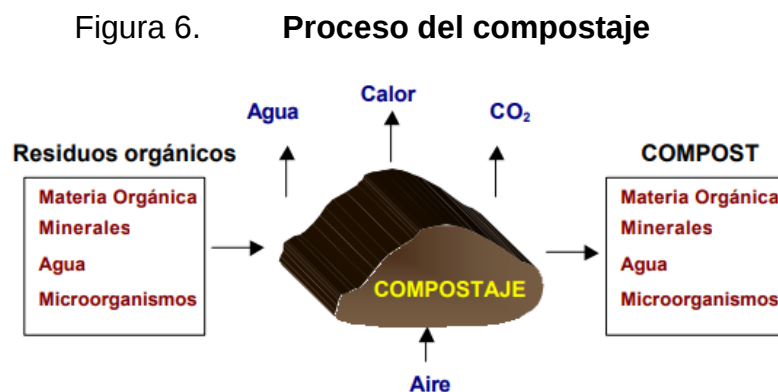
El compostaje es un procedimiento controlado que da tratamiento a los residuos orgánicos mediante un proceso de descomposición que otorga como

resultado un abono natural que se puede utilizar en tierras agrícolas y jardines, pues este abono provee nutrientes esenciales a las plantas (González, 2017).

La materia orgánica está conformada por un sistema complejo de sustancias en un estado dinámico permanente que se produce por la incorporación de restos orgánicos que tienen origen vegetal y animal, estos se encuentran bajo la descomposición de microorganismos (González, 2017). El proceso de fermentación puede ser natural, es decir que se lleva a cabo al aire libre y con una duración de 3 meses, o acelerada usando digestores y con una duración de 15 días (Rondón et al, 2016).

- Proceso del compostaje

Los residuos del tipo orgánico a utilizar para llevar a cabo el compostaje deben aportar minerales y microorganismos para lograr la descomposición de la materia orgánica en cuestión, para ello es necesario que este proceso se dé bajo ciertas condiciones de aireación y humedad. Posteriormente se reducirá el volumen inicial, ya que este se perderá por calor en forma de vapor de agua, mientras que otra parte se convertirá en CO_2 .



Fuente: Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa*.

El proceso de compostaje conlleva una liberación de energía, la cual variará en relación directa con la cantidad de residuos orgánicos presentes, sin embargo, es importante lograr temperaturas altas para destruir los patógenos y protozoos, ya que estos, son perjudiciales para la salud de las personas y los cultivos.

Es importante que el compostaje se componga de diferentes tipos de residuos orgánicos, pues esto ayuda a equilibrar la humedad y estructura de este. Para el estudio en cuestión aplica la mezcla de residuos provenientes del área de restaurante y cocina, junto a los residuos de jardín. Además, si se quiere obtener un mejor resultado, se deben considerar las siguientes condiciones de del proceso.

- Aporte de materia orgánica de composición diversa, debe aportar un nivel óptimo de nutrientes para el desarrollo de microorganismos.
- Disposición suficiente de oxígeno, pues es necesario que el oxígeno tenga acceso a todas las partes del material en proceso de compostaje para que ocurra una descomposición aeróbica, si le falta aire producirá malos olores.
- Porcentaje de humedad adecuado, ya que, si falta agua el proceso se ralentiza y no se termina el proceso de descomposición. En caso contrario el exceso de agua pudrirá la materia orgánica.
- Temperatura adecuada, para ello es necesario que la materia orgánica no posea un porcentaje de humedad muy bajo, en caso contrario no se calentará y esta no entrará en el proceso de descomposición.

Figura 7. **Compostaje**



Fuente: Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa*.

El compostaje posee sus ventajas sobre los procesos de incineración y vertido de los residuos orgánicos, ya que, por medio de este tratamiento es posible recuperar nutrientes para luego incorporarlos de nuevo al ecosistema, por lo tanto, el suelo se convierte en el principal beneficiado, debido a que con el compost se mejora su estructura y se protege el mismo contra la erosión.

Además, cabe resaltar de que el compostaje es una opción barata, motivo por el cual el factor económico no debería ser un inconveniente para su implementación.

El producto final del compostaje contribuye con el abono de las plantas, y la reducción de residuos sólidos que son dispuestos en un vertedero, además de también representar un ahorro en fertilizantes.

- Sistemas de compostaje

Existen dos sistemas de compostaje, el compostaje por pilas y el que hace uso de compostadores. La utilización de un método sobre otro recae en la opción del usuario, ya que ningún sistema es más eficaz que el otro, la elección del método dependerá de los factores que se adecuen mejor a conveniencia del usuario.

Tabla V. **Comparación de sistemas de compostaje**

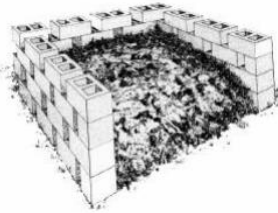
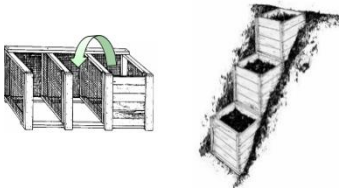
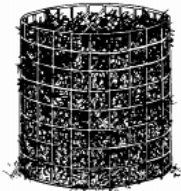
	Sistema de pilas	Sistema de compostador
Instalación	No requerida	Existen modelos con distinta complejidad
Inversión	No requerida	Costos varían de acuerdo al modelo
Accesibilidad	Permite disponer el compost con facilidad	El compost no está disponible hasta finalizar el proceso, aunque puede variar en algunos modelos.
Estética	Mejor ubicar en un lugar discreto	Puede convertirse en un modelo estético.
Espacio	Ocupa un gran espacio	Ocupan menor espacio.
Seguridad	Baja, por su gran accesibilidad	Ninguna
Limitaciones	Se aconseja evitar incorporar restos de comida si hay animales domésticos	La estructura dificulta el trabajo.
Volteos	Fácil manejo	

Fuente: Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa*.

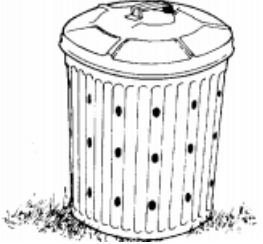
El sistema de pilas es sencillo, este se construye directamente sobre el suelo, mismo sobre el cual se van depositando los diferentes residuos orgánicos por diversas capas, que van formando una pila. Estas últimas suelen esparcirse debido a que su estructura no es estable.

El sistema de compostadores se basa en colocar una gran cantidad de residuos orgánicos en un recipiente que recibe el nombre de compostador, estos varían en formas y tamaños, pero su objetivo es minimizar el espacio y mejorar la estética.

Tabla VI. **Tipos de compostadores**

Cajón	Cajón de Madera		Cajón construido con láminas de madera reutilizadas. Es un cubo con dimensiones de 1x1x1m
	Bloque de obra		Es la unidad más robusta y duradera, pero también la más cara. Cuenta con 2 paredes de 1 x 1 m de bloques de hormigón, facilita la circulación de aire si se deja 1cm entre cada bloque.
	Combinado de madera y malla de alambre		Conlleva una mayor inversión, pero es duradero. La estructura se monta con madera, la cual sirve de soporte para las mallas de alambre que forman las paredes.
	Compostadores múltiples		Se utiliza cuando el volumen de los residuos producidos es elevado, consiste en apilar varias unidades para trabajar de manera continua
Malla alámbrica			Opción barata y de fácil construcción. Consiste en una malla galvanizada o metálica de unos 3 m de longitud y 1 m de ancho, alambres de sujeción y 3 o 4 postes de madera o metal.

Continuación tabla VI.

Contenedores	Bidón		El bidón debe ser acondicionado para facilitar la circulación del aire en el interior, para ello se le abren 3 filas de orificios de 3 cm de diámetro y ubicados a una distancia entre 10 y 15 cm. Se debe colocar una caja para absorber el exceso de humedad.
	Columna de cajas		Su construcción resulta económica, se pueden reutilizar cajas de madera o plástico usadas para transporte de frutas. La columna se formará al ir apilando las cajas con compost.
Comerciales			Esta clase de compostador suele resultar caro, pero es una solución viable cuando no se cuenta con el espacio para implementar otros sistemas.

Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa.*

- Reciclaje y reutilización

El reciclaje tiene como objetivo principal recuperar la mayor cantidad de los componentes de los residuos sólidos directa o indirectamente, dado que la

separación se puede llevar a cabo por medio de una recolección selectiva o mediante la participación ciudadana al depositar en diferentes recipientes y en diferentes categorías los residuos recuperables (Rondón et al, 2016).

El reciclaje se ha convertido en una de las prácticas más importantes en el proceso de gestión de residuos, sin embargo, para que este sea funcional es necesario crear o establecer un mercado para los materiales recuperados que sea fiable, también debe de existir una infraestructura que pueda asegurar el procesamiento y la recolección de materiales (González, 2017).

- Transformación

Este proceso consiste en alterar las propiedades de los residuos, es decir las químicas, las biológicas o las físicas con el objetivo de mejorar la eficiencia del sistema de gestión integral de residuos, además de recuperar productos de conversión en forma de calor y biogas combustible (Grádiz y Raudales, 2012). Los residuos que se someten a una transformación se convierten en un nuevo bien con su respectivo valor económico (Jaramillo, 2021).

1.4.2.5. Disposición final

Esta es la última etapa en el proceso de gestión integral de residuos sólidos, en ella se abarcan todos los residuos que no corresponden al reciclaje ni a la recuperación de productos de tal manera que den conformidad a la legislación nacional a favor del cuidado y conservación del medio ambiente (Grádiz y Raudales, 2012).

La herramienta más eficaz al momento de realizar la disposición final es la creación de un relleno sanitario, debido a que es una solución, técnica, económica y a favor del medio ambiente (Rondón et al, 2016).

Para la selección de un sitio en donde se llevará a cabo una disposición final, se debe realizar un instrumento ambiental. Además, dentro de los criterios a tomar en cuenta resalta que la distancia del lugar debe ser mayor a 1000 m respecto a la ciudad, el periodo de traslado debe ser menor a 30 minutos, el nivel freático debe ser mayor a 5 m, el tipo de suelo deber ser arcilloso, la vocación del suelo debe ser poco fértil y no debe estar próximo a escuelas, iglesias o poblaciones en general (García, 2018).

- Relleno sanitario

Es una técnica de disposición final para residuos sólidos que consiste en la colocar capas de residuos sobre el terreno natural, para posteriormente ser compactadas y cubiertas por un material selectivo para la realización de un relleno estructural con el objetivo de evitar que este se vuelva un riesgo para el medio ambiente y para la salud pública (Grádiz y Raudales, 2012).

Los rellenos sanitarios son obras de ingeniería que normalmente se construyen sobre material suelo, en el cual los residuos sólidos son depositados en celdas que poseen capas impermeables y capas de cobertura con suelo, cuya función es evitar la proliferación de vectores y de malos olores. Generalmente estas obras, son las alternativas más recomendadas, pero deben cumplir con los requisitos de un relleno sanitario para no ser considerados como vertederos (González, 2017).

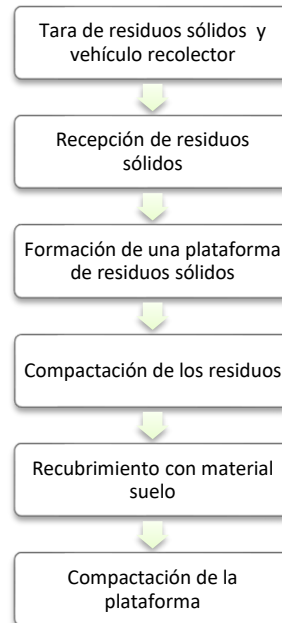
Un relleno sanitario debe lidiar con los líquidos que se generan con la disposición de residuos, estos líquidos son conocidos como lixiviados, mismos que son sustancias contaminantes para el medio físico y dañinos para la salud humana. Además, estos pueden infiltrarse en el suelo, motivo por el cual es necesario impermeabilizarlo antes de iniciar con la operación del relleno sanitario.

El método de construcción de un relleno sanitario y la operación de este dependerán de diversos factores, sin embargo, los más importantes son: la topografía del terreno, la cercanía del lugar con el nivel freático y el origen del material de cobertura (Grádiz y Raudales, 2012).

La impermeabilización en el suelo es importante para evitar contaminar el nivel freático con lixiviados, también es posible aprovechar las emisiones de gas metano de los residuos sólidos para convertirlo en una fuente de energía, sin embargo, se requiere de una infraestructura que permita la conducción de dicho gas, tanto para su aprovechamiento como para evitar incidentes.

Las principales actividades que se llevan a cabo dentro de un relleno sanitario y de manera diaria, son las siguientes:

Figura 8. **Actividades de un relleno sanitario**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.5. Marco normativo

Esta sección está comprendida por convenios internacionales y el marco legal.

1.5.1. Convenios internacionales

Dentro de los convenios internacionales sobresale el Convenio Basilea, el Protocolo de Kyoto y el Protocolo de Montreal:

1.5.1.1. Protocolo de Kyoto

Este protocolo promueve acciones que buscan el desarrollo sostenible mediante el cumplimiento de compromisos cuantificables referentes a la reducción de gases de efecto invernadero se refiere. Respecto al tema de

residuos sólidos este busca reducir las emisiones de gas metano mediante la recuperación de dicha sustancia para su utilización en todo el proceso de gestión de residuos, así como también en las etapas de producción, transporte y distribución eléctrica. (Protocolo de Kyoto, de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 11 de diciembre de 1997).

1.5.1.2. Convenio Basilea sobre desechos peligrosos

En este convenio se busca la manera más eficiente de disminuir los riesgos que puedan afectar tanto a la salud humana como al medio ambiente, una de las medidas que busca implementar una prohibición para movilizar desechos peligrosos de una frontera a otra con la intención de eliminarlos en otros Estados ajenos al de origen, haciendo especial énfasis en los países en vías de desarrollo, ya que estos cuentan con una capacidad muy reducida para manejar los residuos en general. (Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, enero de 2011).

1.5.1.3. Protocolo de Montreal

Las disposiciones presentadas en este protocolo tienen relación directa con el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Este protocolo busca promover una cooperación armoniosa a nivel internacional en los temas de investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías que con relación a la reducción y el control pertinente de las emisiones de gases nocivos que dañan la integridad de la capa de ozono, cabe destacar que esta toma en cuenta las deficiencias existentes en los países que se encuentran en vías de desarrollo (Protocolo Relativo a las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono, 16 de septiembre de 1987).

1.5.2. Marco legal

El marco legal está comprendido por la Ley para la gestión y manejo integral de los residuos y desechos, el Código de Salud y el Código Municipal.

1.5.2.1. Ley para la gestión y manejo integral de los residuos y desechos

Esta iniciativa de ley fue aprobada por la Comisión del Ambiente, Ecología y Recursos Naturales del congreso de la República de Guatemala, C.A., con la intención de establecer un marco legal a nivel nacional para la gestión integral de residuos sólidos de manera técnica desde su generación hasta la disposición final.

Esta ley establece una clasificación para los residuos sólidos, estando conformada por las siguientes categorías: comunes, especiales, hospitalarios, peligrosos y radioactivos. También indica que existe una responsabilidad compartida entre todos los que participan en el proceso de gestión, es decir, entre cada almacenador, generador, clasificador, recolector, comercializador, transportista y entes responsables de la disposición final y tratamiento, ya que estos deberán hacerse responsables de los daños que lleguen a ocasionarle al medio ambiente (Congreso de la República de Guatemala, 2010).

Al mismo tiempo esta ley responsabiliza a las municipalidades de Guatemala respecto a las etapas correspondientes al tratamiento, la recolección y la disposición final de residuos sólidos dentro de su jurisdicción municipal. A su vez esta ley establece una concordancia con el Código Municipal (Congreso de la República de Guatemala, 2010).

1.5.2.2. Código Municipal

El Código Municipal tiene como objetivo desarrollar los fundamentos para la organización y el funcionamiento en general respecto a los municipios del país. Respecto a residuos sólidos este código establece, dentro de la sección de competencias municipales, que la administración puede prestar servicios que contribuyan a mejorar la calidad de vida y satisfacer las necesidades de la población del municipio. Dentro de las competencias municipales se encuentra el abastecimiento domiciliario del servicio de recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos, así como también la limpieza y el ornato (Decreto No. 12- 2002, Código Municipal).

1.5.2.3. Código de Salud

El Código de Salud se deriva de la obligación que tiene el Estado de Guatemala en velar por la salud de todos los habitantes del país, al mismo tiempo que se puedan mantener principios de solidaridad, subsidiaridad y equidad. Para su cometido busca desarrollar acciones de prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de la salud mediante la coordinación del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social junto con instituciones estatales (centralizadas, descentralizadas y autónomas) y las comunidades. Este código se encuentra definido como una ley de observancia general, es decir, que no cuenta con un prejuicio en lo que la aplicación de normas de seguridad social se refiere.

Dentro de las atribuciones municipales, se encuentra la coordinación con instituciones del Sector con el objetivo de participar en la administración (total o parcial), de la prestación de programas y servicios de salud en las jurisdicciones que le corresponden como tal. En cuanto a las entidades privadas, se establece que deben participar coordinadamente con instituciones del Sector con la

intención de resolver los problemas de salud por medio de la ejecución de programas y prestación de servicios, mejorar el ambiente y el desarrollo integral de las comunidades. (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS

El proceso de caracterización de los residuos sólidos se llevó a cabo en la institución hotelera en un periodo de dos semanas, la primera semana se realizó en temporada de baja afluencia turística, mientras que la segunda semana tuvo lugar en temporada de gran afluencia turística. La metodología y equipo utilizado se describen a continuación.

2.1. Recolección de datos

Previo a llevar a cabo el proceso de caracterización de los residuos se procedió a recolectar toda la información pertinente con las autoridades del hotel respecto a la frecuencia de recolección, el almacenamiento de residuos y el manejo de residuos peligrosos.

Tabla VII. Encuesta del manejo de residuos peligrosos dentro del hotel

Tipo de desecho	Manejo de desechos						
	1 Los tira en cualquier lugar	2 Los tira en algún río	3 Se los lleva el camión recolector	4 Los quema	5 Los entierra	6 Los vende para reciclaje	7 otro
Termómetros			X				
Lámparas y bombillas			X				
Baterías							X
Pinturas							X
Medicamentos vencidos y mascarillas			X				

Continuación Tabla VII

Desechos electrónicos	X
------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia, según guías del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*.

Derivado de la recolección de datos, se determinó que la frecuencia de recolección de residuos sólidos se lleva a cabo de lunes a viernes, por lo tanto, la recolección se realiza 5 veces a la semana. En lo que respecta al manejo de residuos peligrosos, se cuenta con medicamentos vencidos, mascarillas y termómetros, todos estos se manejan como desechos sanitarios. En la institución no se cuenta con la información sobre la cantidad de residuos peligrosos que se generan dentro de sus instalaciones debido a que no se contabiliza, pero si con la información del manejo de esta clase de residuos.

Los termómetros, medicamentos vencidos y mascarillas se manejan dentro de la institución como un residuo sanitario. Las lámparas y bombillas son consideradas como un residuo común, por lo tanto, estos son recolectados por el camión de la municipalidad. Las baterías, pinturas y desechos electrónicos son recogidos por una chatarrera, la institución no cobra nada por este servicio a menos que se trate de la venta de electrodomésticos defectuosos.

2.2. Metodología

Para llevar a cabo la caracterización de residuos sólidos generados dentro de la institución hotelera es necesario encontrar la composición física de los residuos generados, para ello se empleó la metodología del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, este proceso se llevó a cabo durante un período de 2 semanas, siendo la primera semana durante

la reapertura del hotel luego de la suspensión de actividades debido a la pandemia del Covid-19, mientras que la segunda semana tuvo lugar en el mes diciembre, debido a la gran afluencia de turismo que existe para las festividades de fin de año. La metodología aplicada consiste en preparar el área de muestreo, realizar muestreo, recolección y análisis de las muestras (según guías del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

2.2.1. Equipo requerido para la caracterización

El equipo utilizado para llevar a cabo la caracterización consiste en el siguiente:

Tabla VIII. **Equipo para caracterización**

Equipo	Descripción	Ilustración
Tonel	Recipiente utilizado para almacenar residuos para realizar el análisis físico de los residuos sólidos.	 Fuente: https://www.dimobasuministros.com/tonel-plastico.html. Consulta: 2 de diciembre de 2020
Palangana	Recipiente hecho de plástico a utilizar como tara para residuos.	 Fuente: https://www.dimobasuministros.com/tonel-plastico.html. Consulta: 2 de diciembre de 2020.

Continuación tabla VIII.

Pala	Herramienta utilizada para recoger los residuos sólidos con ayuda de la escoba	 Fuente: https://equimsagt.com/wp-content/uploads/2020/07/COM06361.jpg. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
Guantes	Equipo de protección durante el proceso de caracterización.	 Fuente: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTfnDEUe9JhwBzNaLwS9QL7A2j2vL67w4XjA&usqp=CAU. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
Escoba	Herramienta para limpiar el área de la caracterización de residuos.	 Fuente: https://platino.com.gt/productos/escoba-super-samba-bolillo-de-madera-12/. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
Mascarilla	Equipo de protección durante el proceso de caracterización.	 Fuente: https://www.tiendashoke.es/blog/tipos-mascarillas-seguridad-caracteristicas-forma-uso/. Consulta: 2 de diciembre de 2020.

Continuación tabla VIII.

Botas de hule	Equipo de protección durante el proceso de caracterización.	 Fuente: https://www.novex.com.gt/producto/167220/html. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
Pesa de piso	Utilizado para medir la masa de los residuos que superen la capacidad de la pesa electrónica.	 Fuente: https://basculaybalanza.com/analogica/. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
Pesa electrónica	Utilizado para medir la masa de los residuos sólidos.	 Fuente: https://www.balanzasdigitales.com/sobremesa/312-balanza-digital-electronica-baxtran-bw-30.html. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
Bolsas de polietileno	Utilizadas para almacenar los residuos sólidos recolectados y para el análisis de las muestras.	 Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-605882727-bolsas-negras-extra-grandes-70-x-120-cms-calibre-3-x-50-unds-_JM. Consulta: 2 de diciembre de 2020.

Continuación tabla VIII.

Ligas de hule	Utilizadas para cerrar las bolsas de polietileno y evitar así que los residuos se salgan de esta, cada vez que sea necesario.	 Fuente: https://www.officemax.com.mx/ligas-color-natural-n18-80gr-officemax-officemax-2800007631102/p. Consulta: 2 de diciembre de 2020.
---------------	---	---

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Preparación del área de muestreo

Para seleccionar un área de muestreo es necesario contar con un lugar que cuente con buena ventilación, techo fijo y un piso liso, ya que de esta manera se evitara que los residuos sufran alteraciones al entrar en contacto con el suelo. En el caso de estudio en cuestión se seleccionó un área anexa al hotel destinada para el almacenamiento de los residuos sólidos, pues este cumple con los requisitos necesarios para llevar a cabo el muestreo.

2.2.3. Muestreo y recolección

Debido a que el estudio se encuentra enfocado en un hotel, este se realizó dentro de sus instalaciones, por lo tanto, las muestras se separaron de acuerdo con las áreas que conforman a la institución, siendo estas las siguientes:

- Habitaciones y pasillos
- Restaurante y cocina

- Recepción
- Jardín

La recolección de los residuos sólidos se realizó por área para evitar que estos se confundieran o mezclaran, a su vez estos se trasladaron al área de muestreo para su posterior análisis.

2.2.4. Análisis de muestras

El análisis de las muestras comprende la masa y la producción per cápita.

2.2.4.1. Masa de las muestras

Para la medir la magnitud de la masa de las muestras se utilizaron dos pesas (una para medir residuos con una masa menor a 2 kg y otra para residuos con una masa mayor a esta) y un recipiente donde se depositaron los residuos para evitar que se esparcieran fuera de los límites de la pesa empleada. Previo a la colocación del recipiente sobre la pesa se verificó que esta se encontrara calibrada en cero.

2.2.4.2. Producción per cápita

Para la obtención de este valor se tomó en cuenta el número de personas que generaron los residuos sólidos de acuerdo con cada área, pero no se tomó en cuenta el área de jardines por la naturaleza de estos. Además, se realizó un cálculo global de la producción per cápita de todo el hotel mediante la fórmula “PPC” (consultar figura 2).

- Habitaciones y pasillos: Los residuos son generados por los huéspedes del hotel
- Restaurante y cocina: Residuos generados por los clientes del restaurante y el número de clientes será proporcional al número de platillos consumidos.
- Recepción: Residuos generados por el personal administrativo de la institución

2.2.5. Análisis físico de los residuos sólidos

El análisis físico de los residuos está conformado por la prueba de composición física y la prueba de densidad.

2.2.5.1. Prueba de composición física

En la prueba de composición física se determinó la masa correspondiente a cada tipo de residuo generado por área del hotel, el proceso utilizado se describe a continuación:

- Sacar el contenido de las bolsas y/o recipientes en el área designada para separarlos.
- Agruparlos de acuerdo con la categoría que pertenezcan, estas pueden ser: orgánico, papel y cartón, plástico, vidrio, material ferroso, material no ferroso, desechos sanitarios, peligrosos, especiales o varios. La clasificación debe realizarse con ayuda de las tablas VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV y XV.
- Una vez agrupados los residuos, estos deben ser pesados nuevamente.

- Se obtiene el porcentaje de cada residuo respecto a la muestra total.

Este procedimiento se repitió de manera diaria hasta finalizar con el estudio de caracterización. Finalmente se promediaron los valores obtenidos para obtener el porcentaje de residuos generados por categoría haciendo uso de la fórmula “Porcentaje por día” (consultar figura 3).

Tabla IX. **Clasificación residuos orgánicos**

ORGÁNICO	Fecha: 27 de septiembre de 2020		Área: Restaurante y cocina	
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Residuos de alimentos	14.07	96	Cascaras de fruta en su mayoría
2	Residuos de jardinería	0	0	-----
3	Huesos	0.52	4	Huesos de pollo
Total		14.59	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Clasificación de papel y cartón**

PAPEL Y CARTÓN	Fecha: 15 de diciembre		Área: Restaurante y cocina	
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Papel	0.03	2.2	Sin contaminante
2	Cartón	1.13	88.5	Sin contaminante
3	Envase de cartón encerado	0.12	9.3	No reciclable
Total		1.28	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Clasificación de plástico**

PLÁSTICO	Fecha: 19 de diciembre	Área:	Restaurante y cocina	
Figura	Subproductos	Masa (kg)	%	Utilización
	PET	0.72	20.87	Envases de juegos, bebidas gaseosas, comestibles, artículos de farmacia...
	PE-HD	0	0	Tuberías para agua, envases de leche, jugo y agua
	PVC	0.31	8.99	Tuberías para agua potable, pancartas de publicidad, tarjetas de crédito y débito, mangueras...
	PE-LD	1.13	32.75	Botellas exprimibles, bolsas para alimentos congelados.
	PP	0.20	5.80	Vajilla reutilizable para microondas, contenedores varios, elementos de cocina.

Continuación tabla XI.

	PS	1.09	31.59	Tazas, platos, bandejas, bandejas para huevos, cubiertos desechables
	0	0	0	Cristales irrompibles, discos compactos, gabinetes de aparatos electrónicos.
Total		3.45	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Clasificación de vidrio**

VIDRIO	Fecha: 19 de diciembre	Área:	Restaurante y cocina	
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Vidrio de color verde	2.48	33.24	Botellas
2	Vidrio de color café	2.15	28.82	Botellas
3	Vidrio transparente	2.83	37.94	Botellas y cristales rotos
Total		7.46	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Clasificación de material ferroso**

Ferroso	Fecha: 20 de diciembre	Área:	Restaurante y cocina	
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Material ferroso	0	0	No se encontró
2	latas	1.33	100	Latas de tomate
Total		1.33	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Clasificación de material no ferroso**

No Ferroso	Fecha: 20 de diciembre	Área:	Restaurante y cocina	
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Material No ferroso	0.39	100	Recipientes de comida
2	Latas de aluminio	0	0	No presentes
Total		100	100	

Fuente: elaboración propia, según guías del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018).

Tabla XV. **Clasificación de categoría varios**

VARIOS	Fecha: 20 de diciembre	Área:	Restaurante y cocina	
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Loza y cerámica	0	0	No presente
2	Madera	0	0	No presente
3	Hule	0	0	No presente
4	Tetrapack	0.85	100	Envase de leche
5	Cuero	0	0	No presente
6	Algodón	0	0	No presente
7	Trapo	0	0	No presente
8	Fibra dura vegetal	0	0	No presente
9	Fibra sintética	0	0	No presente
10	Residuo fino	0	0	No presente
Total		0.85	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Clasificación de residuos sanitarios**

SANITARIOS	Fecha: 20 de diciembre	Área:		Habitaciones y pasillos
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Papel sanitario	12.70	100	Residuos de habitaciones
2	Pañal desechable	0	0	No presente
Total		12.70	100	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Clasificación de residuos peligrosos**

PELIGROSOS	Fecha: 27 de septiembre	Área:		Recepción
No.	Subproductos	Masa (kg)	%	Observaciones
1	Baterías alcalinas	0	0	No se encontró
2	Baterías de litio	0	0	No se encontró
3	Baterías de mercurio	0	0	No se encontró
4	Baterías recargables	0	0	No se encontró
5	Aceites y lubricantes	0	0	No se encontró
6	Focos incandescentes	0	0	No se encontró
7	Focos ahorradores	0	0	No se encontró
8	Lámparas fluorescentes	0	0	No se encontró
9	Pinturas y solventes	0	0	No se encontró
10	Insecticidas y productos de limpieza	0	0	No se encontró
11	Medicamentos caducos	0	0	No se encontró
12	Jeringas, lancetas, rastrillos	0	0	No se encontró
13	Gasas, algodones usados y mascarillas	0.01	100	Mascarillas
14	Material de diálisis	0	0	No se encontró
15	Termómetros	0	0	No se encontró
Total		0.01	100	

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Prueba de densidad

Esta prueba consiste en determinar la masa de los residuos contenidos en un metro cúbico, el procedimiento para ejecutar esta prueba consistió en utilizar un recipiente con un volumen conocido, para ello se hizo uso de un recipiente con forma cilíndrica y una caja, su elección dependió de la masa de los residuos analizados. Para su cometido se depositaron los residuos dentro del recipiente hasta llenarlo por completo.

Es necesario asentar los residuos, por lo tanto, se dejó caer el recipiente a una altura de 10 cm para lograrlo, se procedió de esta manera para evitar ejercer presión sobre los residuos sin alterar la muestra. Finalmente se calculó la densidad con las masas registradas y el volumen que ocuparon tales residuos mediante la fórmula “Densidad” (consultar figura 4).

Figura 9. Recipiente cilíndrico para prueba de densidad



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.

Archivo personal.

Figura 10. **Caja para prueba de densidad**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

2.2.6. Composición física de residuos sólidos por área

A continuación, se presentan los valores obtenidos de la caracterización de residuos sólidos de acuerdo con el área de generación dentro de la institución hotelera.

- Área de Restaurante y cocina

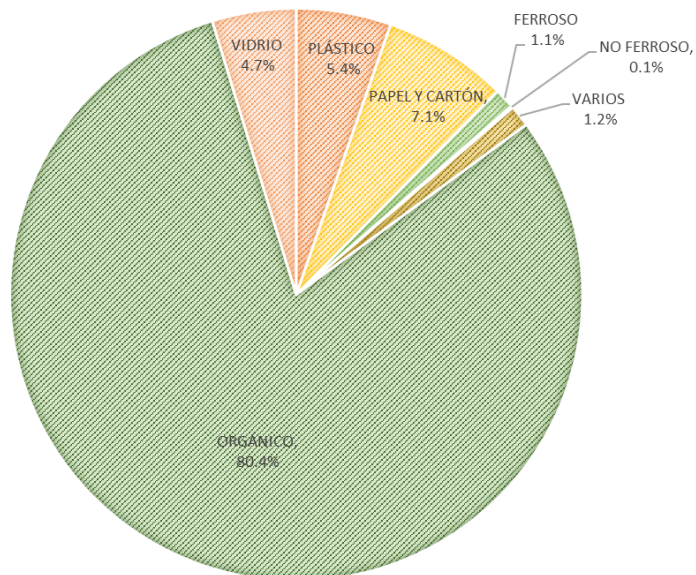
La Tabla XVIII muestra los resultados obtenidos para el área de restaurante y cocina, en esta se encuentran los porcentajes de cada residuo respecto al total analizado durante las dos semanas. A su vez esta información es presentada en forma gráfica en las figuras 11 y 12.

Tabla XVIII. **Residuos generados en el área de cocina y restaurante**

Categoría	Semana 1		Semana 2	
	Masa	Porcentaje	Masa	Porcentaje
Plástico	4.66 kg	5.4 %	17.26 kg	3.83 %
Papel y cartón	6.14 kg	7.1 %	17.32 kg	3.84 %
Material ferroso	0.98 kg	1.1 %	3.65 kg	0.81 %
Material no ferroso	0.10 kg	0.1 %	0.70 kg	0.16 %
Varios	1.05 kg	1.2 %	4.51 kg	1.00 %
Orgánico	69.92 kg	80.4 %	381.00 kg	84.83 %
Vidrio	4.12 kg	4.7 %	26.30 kg	5.84 %
TOTAL	86.97 kg	100 %	450.74	100 %

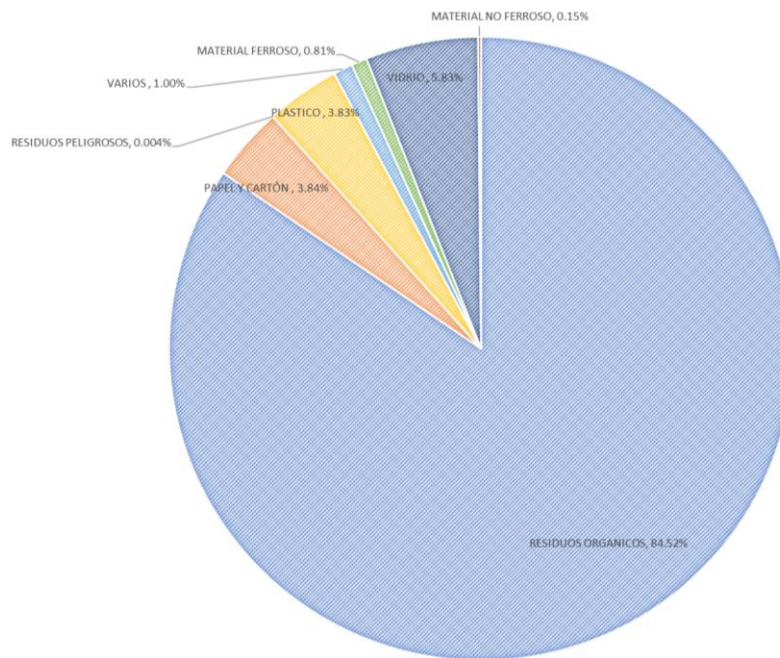
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Resultados del área de restaurante y cocina de la primera semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

Figura 12. **Resultados del área de restaurante y cocina de la segunda semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

- **Área de recepción**

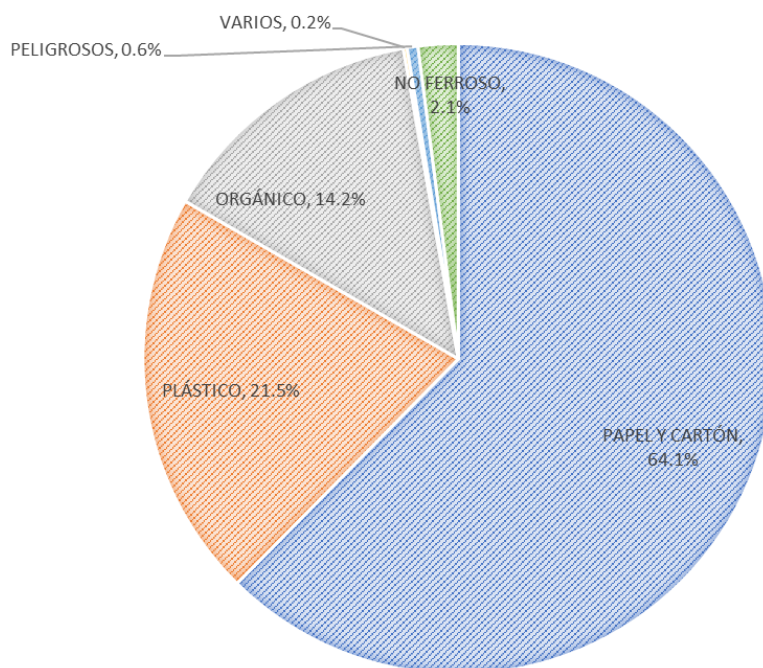
La Tabla XIX muestra los resultados obtenidos para el área de recepción, en esta se encuentran los porcentajes de cada residuo respecto al total analizado durante las dos semanas. A su vez esta información es presenta de forma gráfica en las figuras 13 y 14.

Tabla XIX. **Residuos generados en el área de recepción**

Categoría	Semana 1		Semana 2	
	Masa	Porcentaje	Masa	Porcentaje
Plástico	0.23 kg	21.26 %	1.12 kg	35 %
Papel y cartón	0.67 kg	61.92 %	1.31 kg	41 %
Material no ferroso	0.02 kg	1.85 %	0.05 kg	2 %
Orgánico	0.15 kg	13.86 %	0.70 kg	22 %
Varios	0.002 kg	0.18 %	-----	-----
Peligrosos	0.01 kg	0.92 %	-----	----
TOTAL	1.08 kg	100 %	3.17 kg	100 %

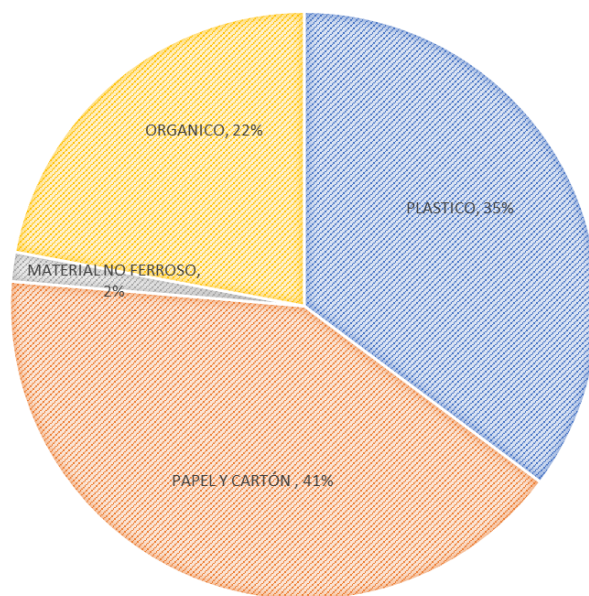
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Resultados del área de recepción de la primera semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

Figura 14. **Resultados del área de recepción de la segunda semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

- **Área de habitaciones y pasillos**

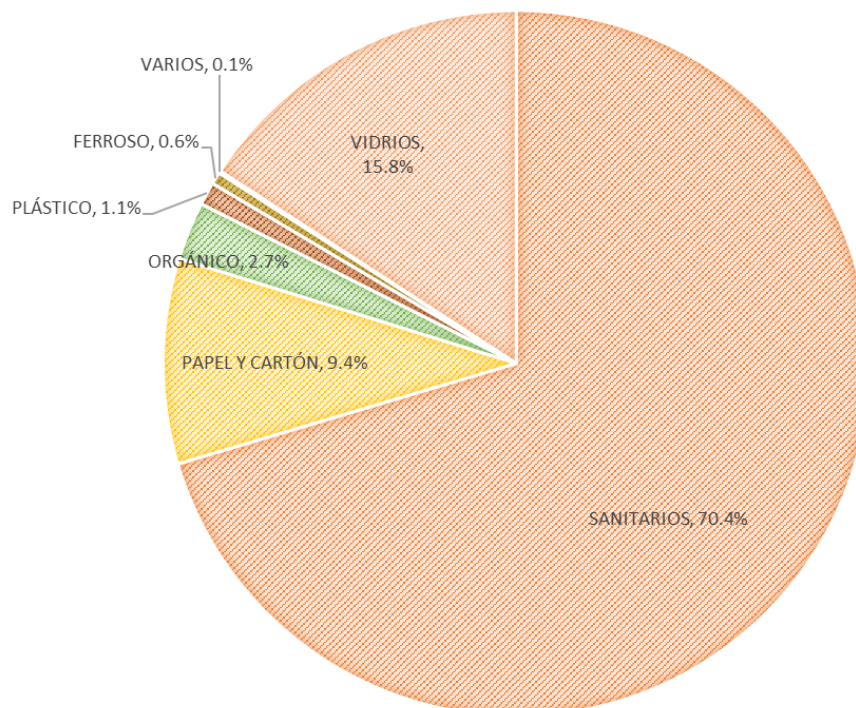
La Tabla XX muestra los resultados obtenidos para el área de recepción, en esta se encuentran los porcentajes de cada residuo respecto al total analizado durante las dos semanas. A su vez esta información es presentada de forma gráfica en las figuras 15 y 16. El vidrio generado en esta área corresponde a envases de bebidas alcohólicas, mientras que el plástico correspondía a envases tipo PET de bebidas gaseosas.

Tabla XX. **Residuos generados en habitaciones y pasillos**

Categoría	Semana 1		Semana 2	
	Masa	Porcentaje	Masa	Porcentaje
Residuos Sanitarios	23.16 kg	70.40 %	44.33 kg	79.31 %
Papel y cartón	3.09 kg	9.40 %	0.64 kg	1.14 %
Orgánico	0.88 kg	2.70 %	-----	-----
Plástico	0.35 kg	1.10 %	3.37 kg	6.02 %
Material Ferroso	0.18 kg	0.60 %	-----	-----
Varios	0.03 kg	0.10 %	-----	-----
Vidrio	5.21 kg	15.80 %	7.30 kg	13.06 %
Material no Ferroso	-----	-----	0.26 kg	0.46 %
TOTAL	32.90 kg	100 %	55.89	100 %

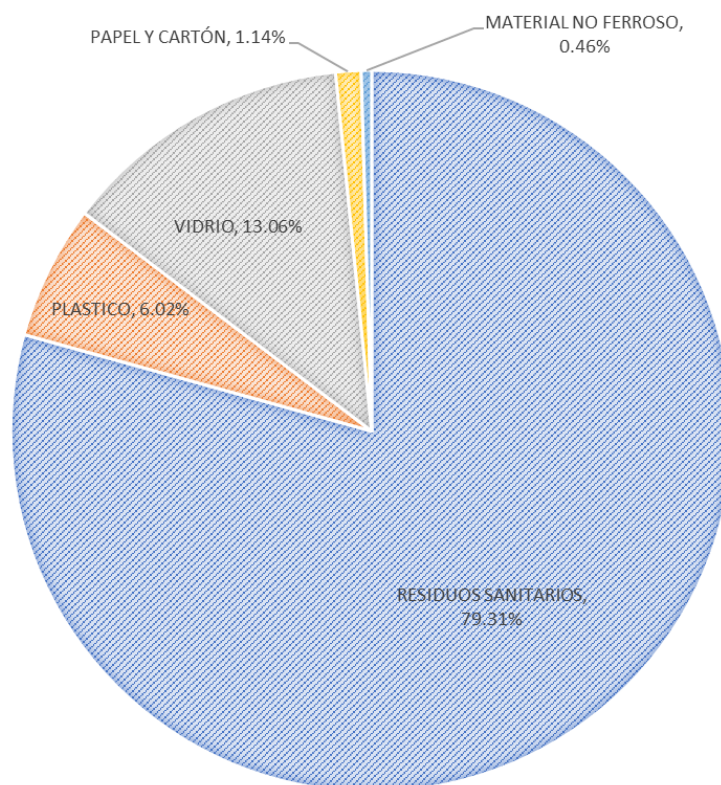
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Resultados del área de habitaciones y pasillos de la primera semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

Figura 16. **Resultados del área de habitaciones y pasillos de la segunda semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

- **Área de jardines**

La Tabla XXI muestra los resultados obtenidos para el área de recepción, en esta se encuentran los porcentajes de cada residuo respecto al total analizado durante las dos semanas.

Tabla XXI. **Residuos generados en jardines**

Categoría	Semana 1		Semana 2	
	Masa	Porcentaje	Masa	Porcentaje
Residuos orgánicos	61.82 kg	100	10.88 kg	100 %

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

La creación de un modelo de gestión integral de residuos sólidos surge como respuesta a la evaluación de la institución hotelera, por medio de este se busca establecer una propuesta que funcione como una mejora la eficiencia de cada etapa de la gestión de residuos en la institución. Para ello se tomará como línea base la situación de la institución apreciada durante la ejecución del estudio de caracterización, basándose en la aplicación de criterios técnicos.

3.1. Generación

A continuación, se muestran los valores de la generación estimada de los residuos para los periodos de un mes y un año, basándose en la generación semanal promedio.

Tabla XXII. **Generación de residuos estimada**

Área	Producción per cápita	Generación semanal mínima	Generación semanal máxima	Generación semanal promedio	Generación mensual	Generación anual
Restaurante y cocina	0.12 kg/hab/día	86.97 kg	450.74 kg	268.86 kg	2,269.18 kg	27,230.14 kg
Recepción	0.05 kg/hab/día	1.05 kg	3.17 kg	2.11 kg	8.44 kg	101.28 kg
Habitaciones y pasillos	0.06 kg/hab/día	32.90 kg	55.89 kg	44.40 kg	177.60 kg	2,131.20 kg
Jardín	-----	10.88 kg	61.82 kg	36.35 kg	145.40 kg	1,744.80 kg
Total	-----	134.80 kg	571.62 kg	351.72 kg	2,600.62 kg	31,207.42 kg
Generación diaria	-----	19.26 kg	81.66 kg	50.24 kg		

Fuente: elaboración propia.

El plan de manejo busca reducir la cantidad de residuos que se generan en la institución para minimizar la cantidad de residuos que se deberán disponer al final del proceso. La generación actual de residuos sólidos es de 50.24 kg/día, sin embargo, de acuerdo con el estudio realizado, la generación mínima de residuos sólidos es de 19.26 kg/día y la máxima es de 81.66 kg/día. Para minimizar estos valores es necesario implementar la técnica de reducción, la práctica requiere el compromiso de todos los trabajadores de la institución para llevar a cabo la separación individual de los residuos, ya que ellos son los encargados de ejecutar dicha actividad. La reducción de los residuos se logrará de manera gradual por medio de la capacitación en el ámbito en cuestión.

Tabla XXIII. **Categorías de residuos sólidos preliminares**

Categoría	Porcentaje respecto a la masa total
Plástico	4.18 %
Papel y cartón	3.70 %
Vidrio	6.45 %
Orgánico	75.40 %
Varios	0.87 %
Ferroso	0.70 %
No ferroso	0.19 %
Total	91.49 %

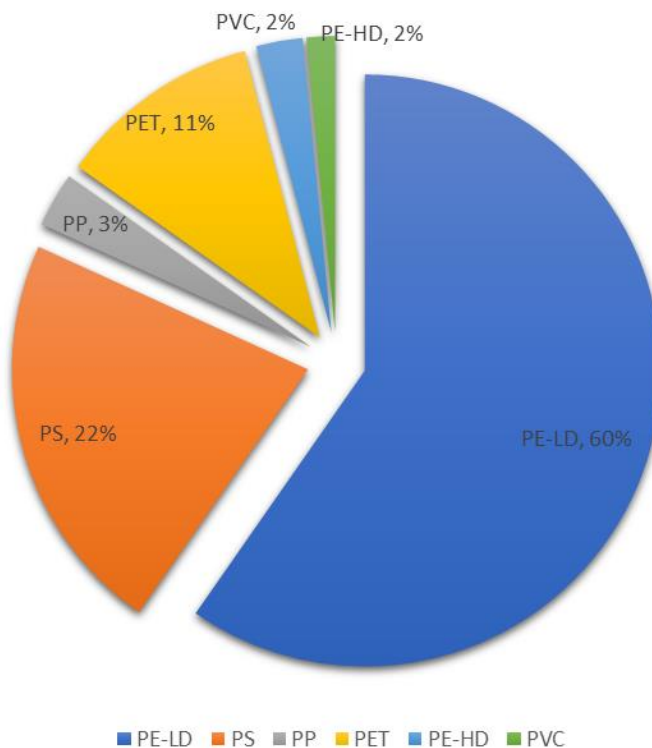
Fuente: elaboración propia

La tabla XXIII muestra las categorías de los residuos a tomar en cuenta al momento de realizar una reducción en la fuente. Aparentemente un 91.49 % de la composición total de los residuos representa una oportunidad de reducción, sin embargo, es necesario analizar cada una de estas categorías.

Respecto al plástico, este representó el 4.18 % de la masa total, sin embargo, para la reducción no se tomarán en cuenta todos los tipos de plástico existentes, ya que existen algunos que son más difíciles de reciclar. El papel y el

cartón serán considerados en su totalidad, ya que no se contaminan al ser generados en el área administrativa. Los residuos generados en la categoría “varios” corresponden a envases de tetrapack. El material ferroso y no ferroso está constituido por latas en general, por lo que estas se pueden separar sin complicaciones.

Figura 17. **Plástico generado en el hotel**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Se tomarán en cuenta el tereftalato de polietileno (PET), el polietileno de alta densidad (PE-HD) y el polipropileno (PP), debido a su factibilidad de reciclaje. Mientras tanto el polietileno de baja densidad (PE-LD), a pesar de ser factible su reciclaje, este no se tomará en cuenta debido a la contaminación presente en su

generación por ser contenedor de alimentos perecederos, tampoco se tomará en cuenta el policloruro de vinilo (PVC) y el poliestireno (PS), debido a su dificultad para ser reciclados de acuerdo con *National Geographic* España (2020). Por lo tanto, el porcentaje de plástico a reducir no será del 4.18 %, sino que únicamente el 16 %, es decir, el 0.67 % de la masa total. Para la categoría de orgánicos y vidrio se considerará la totalidad de la generación.

Tabla XXIV. **Categorías de residuos sólidos a incluir en programa de reducción**

Categoría	Porcentaje respecto a la masa total
Plástico	0.67 %
Papel y cartón	3.70 %
Vidrio	6.45 %
Orgánico	75.40 %
Varios	0.87 %
Ferroso	0.70 %
No ferroso	0.19%
Total	87.98%

Fuente: elaboración propia.

3.2. Almacenamiento

En la institución hotelera se utilizan recipientes diversos y de volumen variable para almacenar los residuos en cada una de las áreas de trabajo, por lo tanto, no se cuenta con un recipiente específico para cada tipo de residuo que se adapte a las necesidades de cada área de generación.

Para calcular el volumen de los contenedores de acuerdo con el área de generación se usará la siguiente fórmula:

Figura 18. **Fórmula del volumen para recipientes de almacenamiento**

$$V = \frac{1000 * N * PPC * fs}{\rho * f}$$

Fuente: Grádiz y Raudales (2012), *modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula*.

Donde:

V = volumen del recipiente en cuestión.

N = número de personas generadoras de residuos.

PPC = producción per cápita en kg/persona-día.

FS = factor de seguridad.

ρ = densidad de los residuos sólidos en kg/m³

F = frecuencia de recolección.

3.2.1. **Área de restaurante y cocina**

En el área de restaurante y cocina se utilizan 7 recipientes de diversos tamaños y formas, estos no se encuentran rotulados, por lo que no especifican el tipo de residuo que contienen.

Figura 19. **Recipientes de almacenamiento usados en la cocina**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Figura 20. **Recipientes de almacenamiento usados en el restaurante**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

$$V = \frac{1000 * N * PPC * fs}{\rho * f}$$

N = 553 personas

PPC = 0.1164 kg/hab/día

FS = 2

$\rho = 232.97 \text{ kg/m}^3$

F = 5 días a la semana

$$V = \frac{1000 * 553 * 0.1164 * 2}{232.97 * 5}$$

$$V = 110.52 \text{ litros}$$

Es necesario que los recipientes de almacenamiento cuenten con un volumen total mínimo de 111 litros, además se recomienda el uso de recipientes con ruedas para facilitar su traslado desde el área de generación al área de almacenamiento.

3.2.2. Área de recepción

Para el área de recepción se utiliza un recipiente de menor tamaño a comparación de los empleados en el área de restaurante y cocina. El volumen de los residuos generados en esta área es constante, debido a que la generación es por parte del personal administrativo.

Figura 21. **Contenedor para área de recepción**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

$$V = \frac{1000 * N * PPC * fs}{\rho * f}$$

N = 9 personas

PPC = 0.0504 kg/hab/día

FS = 2

ρ = 23.24 kg/m³

F = 5 días a la semana

$$V = \frac{1000 * 9 * 0.0504 * 2}{23.24 * 5}$$

$$V = 7.81 \text{ litros}$$

Es necesario que el volumen total de todos recipientes utilizados sea de al menos 8 litros para cubrir las necesidades del área.

3.2.3. Área de habitaciones y pasillos

En el área de habitaciones se utilizan 2 recipientes similares a los utilizados en el área de recepción, un recipiente es colocado directamente en la habitación y otro en el baño. En los pasillos se utilizan diversos recipientes artesanales fabricados de barro para el almacenamiento de residuos.

$$V = \frac{1000 * N * PPC * fs}{\rho * f}$$

N = 271 personas

PPC = 0.0018 kg/hab/día

FS = 2

$\rho = 53.69 \text{ kg/m}^3$

F = 5 días a la semana

$$V = \frac{1000 * 271 * 0.0018 * 2}{53.69 * 5}$$

$$V = 3.63 \text{ litros}$$

Es necesario que los recipientes usados en el área de habitaciones y pasillos posean un volumen de 4 litros.

3.3. Sistema de separación

Una vez establecidos los recipientes a utilizar, es necesario establecer un sistema para la separación de los residuos sólidos generados dentro de la institución hotelera, por lo tanto, es necesario verificar las categorías de los residuos con los que contamos. Estas son presentadas a continuación:

- Orgánico.
- Vidrio.
- Plástico.
- Papel y cartón.
- Varios.
- Material ferroso.
- Material no ferroso.
- Peligrosos.
- Sanitarios.

El sistema de separación a utilizar consistirá en una separación manual en el área de generación por parte de los trabajadores y de acuerdo con la categoría designada, estos deberán ser depositados en contenedores debidamente identificados, las categorías, se presentan a continuación:

Tabla XXV. **Residuos generados y su separación**

Categoría de separación	Tipo de residuo a depositar
Orgánico	Restos de comida y residuos de jardín.
Papel y cartón	Papel y cartón recuperable (libres de cualquier sustancia que altere su estado).
Plástico	Envases plásticos en general.

Continuación tabla XXV.

Metales	Material ferroso y no ferroso (latas de bebidas, latas de tomate y latas de sardinas)
Vidrio	Restos de vidrio, envases de colores (café, transparente y verde)
Peligrosos	Mascarillas del personal y huéspedes, algodones y/o gasas usadas, medicamentos vencidos.
Otros (material no recuperable)	Categoría varios (envases de tetrapack), residuos sanitarios, plástico, papel y cartón no recuperables.

Fuente: elaboración propia

3.4. Recolección

La recolección de los residuos sólidos dentro del municipio de Panajachel se lleva a cabo de lunes a viernes, por lo tanto, los residuos sólidos no permanecen por un tiempo prologando en el área de almacenamiento dentro de la institución, sin embargo, el lunes se convierte en un día crítico, debido a que no se hace recolección durante el fin de semana, por lo tanto, en este día se recolectan una mayor cantidad de residuos sólidos.

La recolección es llevada a cabo por la municipalidad de la región y es considerada como recolección separada en origen, ya que los residuos se separan de acuerdo con su degradación, es decir, en orgánicos e inorgánicos. El sistema de recolección utilizado se denomina “llevar y traer” o intradomiciliario y consiste en que los operarios del vehículo recolector ingresan hasta donde se encuentra el área de almacenamiento para vaciar los recipientes de almacenamiento en el vehículo recolector, para posteriormente regresarlo al sitio donde se tomaron.

Figura 22. **Recolección de residuos sólidos en institución**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

El método propuesto para la recolección de los residuos de la institución es el método de contenedores, en este método el vehículo recolector debe detenerse en varios puntos establecidos para prestar su servicio. Este es el método que mejor se adecua para llevar a cabo el proceso de recolección en instituciones de gran generación o cuyo acceso es difícil. Para que el método sea eficaz, es necesario disponer los contenedores en un lugar donde el vehículo recolector pueda acceder fácilmente a ellos. (Secretaría de Desarrollo Social, 1997).

3.5. Transporte

El transporte empleado para llevar a cabo la recolección de residuos sólidos en el municipio de Panajachel es variado, ya que no se utiliza una sola clase de vehículo para su cometido, por lo tanto, el volumen que puede transportar cada vehículo es distinto. A pesar de que los residuos pasan por una clasificación previa a su recolección, estos no son recolectados de la misma manera, ya que

el vehículo recolecta residuos orgánicos e inorgánicos siempre que le sea posible, para posteriormente ser transportados al sitio de disposición final.

Figura 23. **Vehículo para transporte de residuos no. 1**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Figura 24. **Vehículo para transporte de residuos no.2**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Como se puede apreciar en las fotografías, el vehículo no. 1 cuenta con la suficiente capacidad para transportar residuos sólidos en el área, sin embargo, el vehículo no. 2, a pesar de contar con una carrocería de gran tamaño, esta se encuentra descubierta y es sobrecargado por los operarios cuando no se da abasto. Los vehículos con carrocerías de volteo son comunes debido a su versatilidad y menor costo, sin embargo, su uso no es adecuado para llevar a cabo la recolección y el transporte de los residuos sólidos por motivos de salud, esto se debe a la falta de cubierta y sello hermético en dicho vehículo dan lugar a que se esparzan residuos y/o lixiviados a lo largo del recorrido. También es necesario considerar la pendiente de las rutas de recolección y transporte.

Figura 25. **Residuos sólidos esparcidos en ruta de transporte**



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

El encontrar residuos sólidos esparcidos en la ruta del transporte de los residuos, tal y como se aprecia en la figura anterior, es el resultado de la utilización de vehículos inadecuados para su cometido, además de la sobrecarga de residuos apilados a la que es sometido.

Para mejorar el sistema de transporte de residuos sólidos, es necesario que la municipalidad evite utilizar camiones de volteo para llevar a cabo la recolección y transporte, en su lugar, se propone la utilización de vehículos recolectores de carga posterior (consultar figura 26) para complementar el vehículo con el sistema de recolección de contenedores el día que se lleve a cabo la recolección de residuos inorgánicos.

Figura 26. **Vehículo recolector de carga posterior como propuesta**



Fuente: https://lh3.googleusercontent.com/proxy/sAyK94riZI6BZL5vNA4V2u4zX-hvOyg_7THVmOOF8WNIvC7lwm2y5BV6wFwLfKlre0bIA5uywpSYEG5en6X6dpr1Blf54wi9DPZqcsx5a39KHqvT_0aKkwY7lgGUX-8NTZ_kNfIYEcsLckv_UHff

Consulta: 14 de septiembre de 2021.

3.6. Tratamiento

Para llevar a cabo un tratamiento es necesario considerar los residuos inorgánicos reciclables y los residuos del tipo orgánico. Los residuos reciclables están comprendidos por las categorías de: plástico, vidrio, material ferroso, material no ferroso, papel y cartón, estos residuos representan el 11.74 % del

total de los residuos generados. Mientras tanto los residuos orgánicos representan el 75.40 % de los residuos totales, por lo tanto, estos se convierten en prioridad al momento de hablar de un tratamiento de residuos generados, además de que la municipalidad ya posee un plan de reciclaje.

3.6.1. Reciclaje

Para el reciclaje de los residuos inorgánicos seleccionados y generados dentro de la institución hotelera es necesario separarlos en las categorías previamente mencionadas. Estos residuos deben ser almacenados en recipientes debidamente identificados y correspondientes a la categoría en cuestión. Posteriormente deben lavarse para eliminar cualquier residuo remanente en los residuos, finalmente el material para reciclaje es recolectado por la municipalidad, este se almacena en un centro de acopio para posteriormente ser vendido.

Figura 27. Centro de acopio de material reciclable



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

En el centro de acopio municipal se almacenan temporalmente los materiales reciclables y se clasifican de acuerdo con su tipo, ejemplo de ello es el vidrio, el cual se rompe y se clasifica de acuerdo con su color. Otros materiales como el plástico primero pasan por una prensa compactadora antes de ser almacenados.

Figura 28. **Prensa compactadora del centro de acopio**



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

3.6.2. Compostaje

La cantidad de residuos del tipo orgánico generados en la institución hotelera representan el 75.40 % del total de residuos sólidos, esto es equivalente a un total de 392.58 kg generados durante una semana, por lo que este tipo de residuo representa la mayor parte de los residuos generados, mismos que son

dispuestos en un vertedero sin recibir tratamiento alguno. Por tal motivo se propuso el compostaje como el tratamiento a utilizar.

El compostaje consiste en descomponer los residuos orgánicos con la ayuda de microorganismos de tal manera que el resultado final pueda ser reincorporado a su lugar de origen, es decir, el suelo. Para que la transformación de la materia orgánica en este proceso sea la adecuada, es necesario que la presencia de aire ocurra bajo condiciones controladas.

3.6.2.1. Materia prima para el compostaje

La materia prima para compostaje estará compuesta por los residuos orgánicos provenientes de las áreas de restaurante y cocina, y el área de jardines.

Figura 29. **Características de residuos orgánicos de jardín**



Fuente: Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa*.

Figura 30. **Características de residuos orgánicos de restaurante y cocina**



Fuente: Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa*.

A pesar de que es necesario contar con residuos orgánicos para realizar un compost, no todos adecuados para llevar a cabo su cometido, por lo tanto, es necesario tomar en cuenta que algunos pueden traer problemas en el resultado final en grandes cantidades, por lo que es recomendable utilizar una mezcla de dichos residuos para complementarse entre sí.

Tabla XXVI. **Residuos orgánicos para compostaje y sus efectos**

Residuo	Efecto
Residuos de cocina	
Restos de verdura y fruta	Descomposición rápida, no genera problemas.
Restos de carne, pescado y mariscos	Pueden causar olores o atraer insectos o animales.
Huesos	Descomposición lenta, mejoran la estructura.
Pasta y arroz hervido	Causan compactación si se incorpora en grandes cantidades.
Cáscara de huevo	Descomposición lenta, aporta calcio.
Productos lácteos	En grandes cantidades pueden causar malos olores.
Posos de café y bolsas de infusión	No generan problemas en cantidades habituales.
Ceniza de madera no tratada	Aporta minerales al compost.
Aserrín	Descomposición lenta y absorbe humedad.

Continuación tabla XXVI.

Jardín	
Recortes de césped	Puede producir compactación si no hay un equilibrio en la mezcla de material orgánico.
Restos de poda, piñas, hojas secas	Descomposición lenta, mejoran la aireación.
Restos de cosecha	Descomposición rápida.

Fuente: Alcolea y Gonzáles (2000). *Manual de compostaje en casa*.

Existen residuos orgánicos que no son apropiados en grandes cantidades, por lo que se deben tomar precauciones, ya que se pueden tener problemas de higienización, tal es el caso de la utilización de excrementos de animales domésticos, pues estos contienen patógenos. Se debe tener precaución con las semillas de frutas y plantas, debido a que estas pueden germinar si las condiciones son favorables. También es necesario evitar el exceso de hojas de castaño, roble, nogal o encina para evitar que se alargue el proceso de compostaje (Alcolea y Gonzáles, 2000).

3.6.2.1. Sistema de compostaje a utilizar

El sistema de compostaje a utilizar consistirá en el uso de compostadores, la selección de este sistema sobre el sistema de pilas recae en que estos ocupan menos espacio y pueden convertirse en un modelo estético, lo cual es de gran importancia al tratarse de una institución hotelera, pues la estética del lugar juega un papel importante, caso contrario se obtiene al utilizar un sistema de pilas. Otro de los beneficios que se obtienen con el uso de compostadores es que estos minimizan el espacio utilizado, lo cual beneficiará el aprovechamiento del espacio destinado para el compostaje.

El compostador recomendado para llevar a cabo el compostaje son los compostadores múltiples del tipo cajón de madera, pues este tipo de cajones no interfieren con la estética del hotel, además de que estos permiten manejar grandes volúmenes de residuos orgánicos, por lo que su implementación es la más adecuada para el caso en cuestión.

3.6.2.2. Proceso del compostaje

El proceso general para realizar el compostaje será descrito a continuación:

- Recolección

Como primer punto se deben recolectar los residuos sólidos, estos se pueden apilar para irlos incorporando a los demás pasos del proceso de compostaje, no deben permanecer en un mismo recipiente por más de 3 días para evitar malos olores.

- Trituración

Es importante que la materia orgánica posea un tamaño de partícula reducido y homogéneo para favorecer la descomposición, los residuos provenientes del área de cocina y restaurante generalmente no requieren de preparación previa, estos se pueden ir agregando conforme se van generando, sin embargo, en el caso de los residuos de jardín es necesario reducir su tamaño cuando se trata con ramas grandes. Para reducir su tamaño, es recomendable el uso de trituradoras comerciales, aunque también se puede realizar con herramienta manual.

- **Preparación de la estructura**

Como primer punto debe colocarse una capa de 10 cm de espesor de material vegetal marrón, esto con la intención de mejorar el drenaje y aireación. A partir de esta capa se deben disponer capas con un grosor no mayor a 15 cm, esto con los residuos de jardín y del área de cocina y restaurante. Es necesario que los residuos orgánicos formen una mezcla adecuada para que este aporte condiciones óptimas de textura, humedad y nutrientes.

Durante el proceso de compostaje es recomendable voltear el material al menos una vez, ya que esta acción contribuye a la homogeneización y oxigenación de la mezcla, además estos deben ser regados para evitar que se sequen o bien evitar que se encuentren con altos porcentajes de humedad en zonas concentradas.

- **Afinación del material**

Al finalizar el proceso del compostaje, generalmente aún se pueden encontrar restos de ramas, huesos y otros materiales que se descomponen lentamente, por tal motivo este debe ser tamizado para obtener un material más fino, generalmente el tamiz utilizado es de 10 mm. Una vez tamizado el material orgánico está listo para ser utilizado.

3.7. Disposición final

La disposición final de los residuos sólidos se realiza en un terreno municipal ubicado en Pamuch, Sololá. El sitio de disposición final se encuentra en un lugar relativamente retirado de del área de poblada de Panajachel y San

Andrés Semetabaj, sin embargo, las instalaciones del lugar no son las más adecuadas para llevar a cabo el proceso de disposición final.

Figura 31. **Acceso al área de disposición final**



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Como primer punto está el acceso al área de disposición final, tal y como se aprecia en la figura anterior, no cuenta con seguridad, por lo que no se tiene un control de las personas que ingresan, debido a lo relativamente sencillo que es acceder a esta zona. Por lo tanto, es necesario implementar una garita de acceso con un guardia para contar con un acceso controlado a esta zona.

Figura 32. **Área de compostaje y reciclaje abandonadas**



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Dentro del terreno municipal y previo al área de disposición final se encuentra un vivero y áreas destinadas para compostaje y reciclaje, sin embargo, todos estos ambientes se encuentran abandonados, por lo que se hace visible su deterioro al encontrar vegetación y áreas sin mantenimiento.

Figura 33. **Quema de residuos sólidos**



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Figura 34. **Área de disposición final de residuos**



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal

Figura 35. Agua estancada en área de disposición final



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

El sitio utilizado para disponer los residuos sólidos no cuenta con una infraestructura, pues se hace uso del terreno natural para llevar a cabo el proceso final, el problema de tal acción radica en la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y su posterior generación de lixiviados en el área, por lo que existe una contaminación directa sobre el suelo, ya que estos se infiltran en el terreno natural al no existir impermeabilización en el suelo, así como tampoco una planta de tratamiento.

Respecto al proceso de disposición, los residuos sólidos se incineran al aire libre sin llevar a cabo ninguna supervisión, motivo por el cual son una fuente de contaminación para la atmósfera, pues esta acción contribuye a la generación de gases de efecto invernadero. Para erradicar esta fuente de contaminación es necesario que las autoridades municipales cambien su metodología de tratamiento.

Otro de los factores de contaminación presentes en el área, es la proliferación de vectores, debido a que los residuos se encuentran expuestos a la intemperie y por lo tanto las plagas cuentan con un alto potencial de expansión. El agua estancada en el área también contribuye con los vectores, ya que esta crea un ambiente que favorece el crecimiento de organismos portadores de enfermedades.

Si bien la contaminación producida en esta área daña el medio ambiente, este no es el único que se ve afectado negativamente, ya que, alrededor de este terreno se encuentra una propiedad privada destinada a la agricultura y debido a la falta de infraestructura del terreno municipal, esta se ve perjudicada por sus fuentes de contaminación.

El sitio de disposición final de los residuos de Pamuch no cuenta con la infraestructura necesaria para tratar los residuos sólidos, por lo que es necesario que las autoridades construyan una planta de tratamiento de residuos sólidos, para erradicar de esta manera las fuentes contaminantes del área.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del estudio se presentan a continuación de acuerdo con el orden establecido en las etapas del proceso de caracterización de residuos sólidos.

4.1. Análisis de las muestras

La sección del análisis de muestras está conformada por la masa de las muestras diarias, también se tomó en cuenta el porcentaje de ocupación del hotel para determinar si existe relación entre la cantidad de residuos generados y el número de huéspedes en el hotel.

4.1.1. Masa de las muestras

A continuación, se presenta el registro de las masas de las muestras analizadas durante las dos semanas en las que se llevó a cabo la caracterización de los residuos.

Tabla XXVII. **Registro de las muestras diarias de la primera semana**

No	Fecha	Área de generación	Número de personas en el área	Masa de la muestra (kg)	Observaciones
1	25/09/2020	Cocina y restaurante	22	9.41 kg	
2	26/09/2020	Recepción	2	0.266 kg	16 habitaciones ocupadas
3	26/09/2020	Habitaciones y pasillos	32	13.23 kg	

Continuación tabla XXVII.

4	26/09/2020	Cocina y restaurante	36	24.30 kg	
5	27/09/2020	Habitaciones y pasillos	34	13.62 kg	14 habitaciones ocupadas
6	27/09/2020	Recepción	2	0.214 kg	
7	27/09/2020	Restaurante y cocina	170	17.08 kg	
8	28/09/2020	Habitaciones y pasillos	8	3.17 kg	3 habitaciones ocupadas
9	28/09/2020	Recepción	2	0.101 kg	
10	28/09/2020	Cocina y restaurante	22	9.46 kg	
11	29/09/2020	Habitaciones y pasillos	2	0.61 kg	1 habitación ocupada
12	29/09/2020	Recepción	2	0.06 kg	
13	29/09/2020	Cocina y restaurante	13	11.09 kg	
14	30/09/2020	Habitaciones y pasillos	4	1.36 kg	2 habitaciones ocupadas
15	30/09/2020	Cocina y restaurante	12	7.42 kg	
16	30/09/2020	Recepción	2	0.171 kg	
17	01/10/2020	Recepción	2	0.36 kg	
15	01/10/2020	Habitaciones y pasillos	4	0.91 kg	2 habitaciones ocupadas

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Registro de las muestras diarias de la segunda semana**

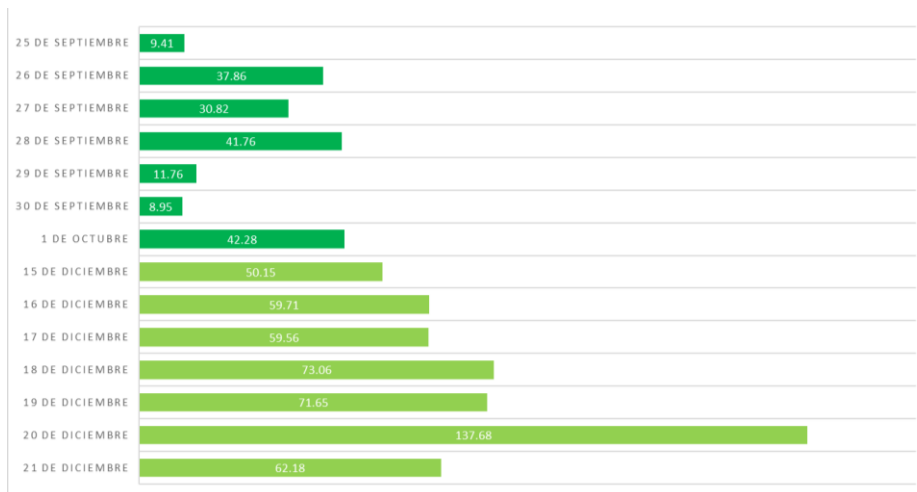
No	Fecha	Área de generación	Número de personas en el área	Peso de la muestra (kg)	Observaciones
1	15/12/2020	Recepción	1	1.226 kg	
2	15/12/2020	Cocina y restaurante	44	51.22 kg	
3	15/12/2020	Habitaciones y pasillos	36	6.80 kg	15 habitaciones ocupadas
4	16/12/2020	Recepción	2	0.16 kg	

Continuación tabla XXVIII.

5	16/12/2020	Cocina y restaurante	61	46.39 kg	
6	16/12/2020	Habitaciones y pasillos	18	13.15 kg	10 habitaciones ocupadas
7	17/12/2020	Restaurante y cocina	27	50.60 kg	
8	17/12/2020	Habitaciones y pasillos	37	8.90 kg	14 habitaciones ocupadas
9	17/12/2020	Recepción	1	0.06 kg	
10	18/12/2020	Recepción	1	0.23 kg	
11	18/12/2020	Restaurante y cocina	91	66.48 kg	
12	18/12/2020	Habitaciones y pasillos	47	6.35 kg	23 habitaciones ocupadas
13	19/12/2020	Recepción	2	0.64 kg	
14	19/12/2020	Restaurante y cocina	126	70.97 kg	
15	19/12/2020	Habitaciones y pasillos	81	14.08 kg	42 habitaciones ocupadas
16	20/12/2020	Recepción	2	0.64 kg	
17	20/12/2020	Restaurante y cocina	111	122.96 kg	
15	20/12/2020	Habitaciones y pasillos	32	14.08 kg	14 habitaciones ocupadas
16	21/12/2020	Recepción	1	0.22 kg	
17	21/12/2020	Restaurante y cocina	93	51.22 kg	
18	21/12/2020	Habitaciones y pasillos	20	7.98 kg	10 habitaciones ocupadas

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Generación de residuos por día y por peso en kilogramos**



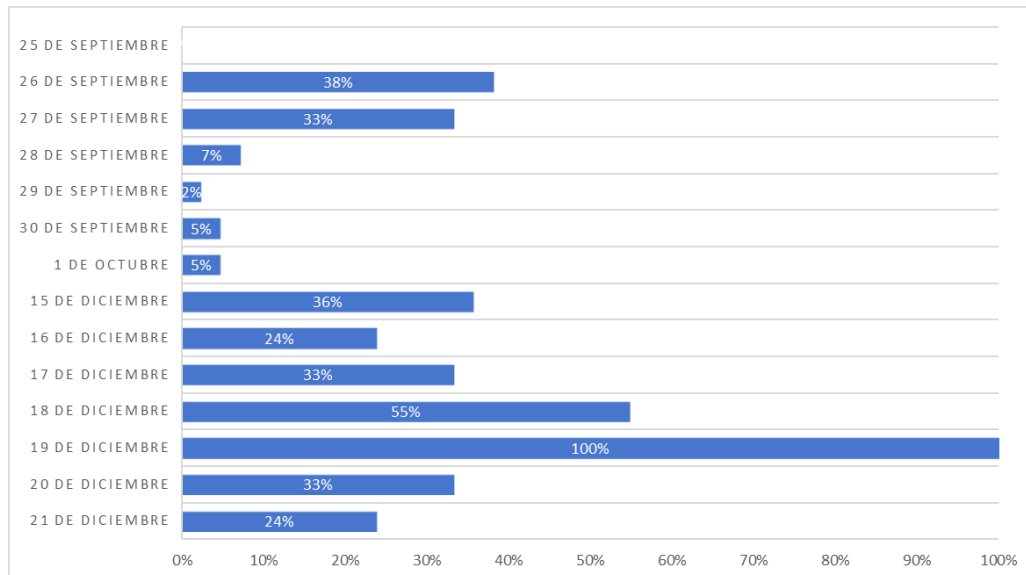
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

En la figura 36 se puede apreciar de manera gráfica la cantidad de residuos sólidos generados cada día durante el proceso de caracterización durante un periodo de dos semanas, siendo la primera semana en el mes de septiembre del año 2020 y luego de la reapertura del hotel, por motivos de la pandemia suscitada. Mientras tanto, la segunda semana tuvo lugar en el mes de diciembre del año 2020, esto tomando en cuenta que es una temporada con alta demanda de turistas en el municipio de Panajachel y que además las restricciones gubernamentales, respecto a la pandemia, eran menos estrictas.

4.1.2. **Porcentaje de ocupación del hotel**

El porcentaje de ocupación hace referencia al número de habitaciones ocupadas con respecto al número total de habitaciones con las que cuenta el hotel. A continuación, se presenta de manera gráfica el comportamiento observado.

Figura 37. **Porcentaje de ocupación por día**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.2. **Análisis físico de los residuos sólidos**

El análisis físico de los residuos sólidos comprendió la tabulación de los resultados de la caracterización, densidades y producción per cápita.

4.2.1. **Caracterización de los residuos sólidos**

El estudio se realizó en dos semanas distintas, la primera de ellas tuvo lugar durante la reapertura de la institución luego de que se suscitara la pandemia por el coronavirus y la segunda semana tuvo lugar durante el último mes del año, esto con el objetivo de estudiar el comportamiento del proceso de generación, almacenamiento, recolección y disposición de residuos sólidos durante una

temporada de poca afluencia de turistas en contraste con una temporada de gran afluencia.

- Cantidades totales

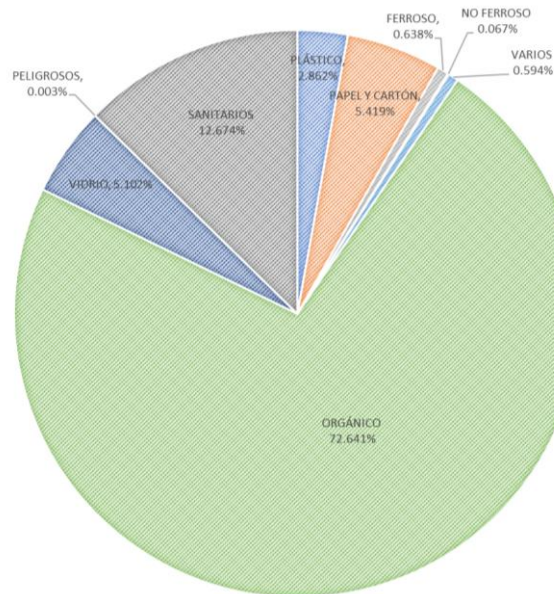
La Tabla XXIX muestra los resultados totales, en esta se encuentran los porcentajes de cada residuo respecto al total analizado durante las dos semanas. A su vez esta información es presenta de forma gráfica en las figuras 38 y 39.

Tabla XXIX. **Residuos generados en todo el hotel**

Categoría	Semana 1		Semana 2	
	Peso	Porcentaje	Peso	Porcentaje
Plástico	5.23 kg	2.86 %	21.74 kg	4.18 %
Papel y cartón	9.90 kg	5.42 %	19.26 kg	3.70 %
Material Ferroso	1.17 kg	0.64 %	3.65 kg	0.70 %
Material no ferroso	0.12 kg	0.07 %	1.01 kg	0.19 %
Varios	1.09 kg	0.59 %	4.51 kg	0.87 %
Orgánico	132.76 kg	72.64 %	392.58 kg	75.40 %
Vidrio	9.33 kg	5.10 %	33.60 kg	6.45 %
Peligrosos	0.01 kg	0.01 %	0.02 kg	0 %
Sanitarios	23.16 kg	12.67 %	44.33 kg	8.51 %
TOTAL	183.77 kg	100 %	520.70 kg	100 %

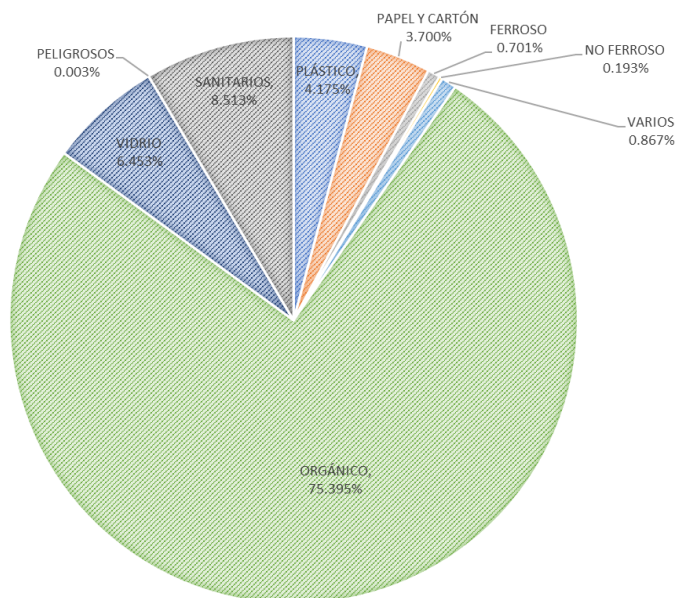
Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Resultados totales de la primera semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

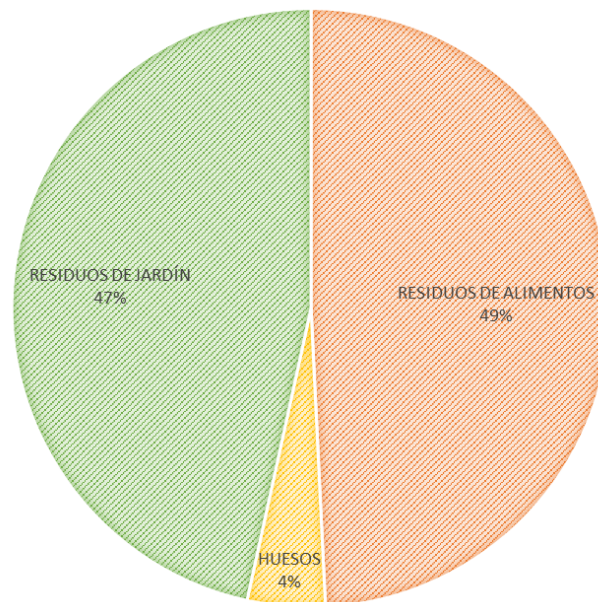
Figura 39. **Resultados totales de la segunda semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

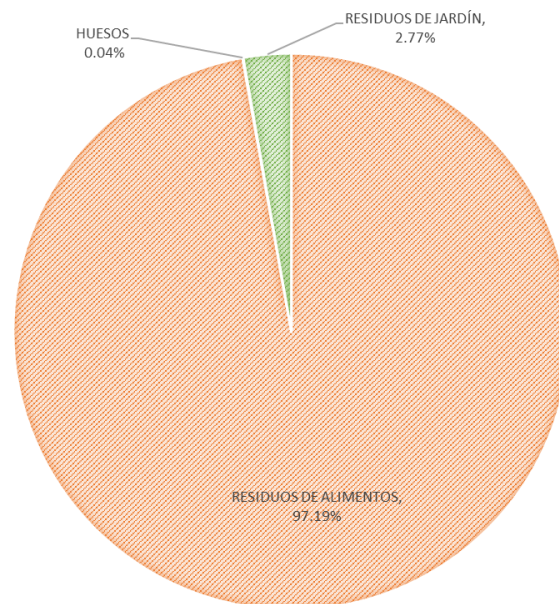
En los resultados totales, se puede apreciar una tendencia similar al área de restaurante y cocina, ya que son los residuos orgánicos los que sobresalen del resto, debido a que conforman más del 70 % del total de residuos generados dentro de la institución. Por lo tanto, es necesario analizar la composición de estos residuos, en las siguientes figuras se muestra la composición de los residuos orgánicos de ambas semanas.

Figura 40. **Residuos orgánicos de la primera semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

Figura 41. **Residuos orgánicos de la segunda semana**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Excel.

4.2.2. Producción per cápita y densidad de los residuos

Para el cálculo de la producción per cápita se utilizó la fórmula “PPC” (consultar figura 2) y para el cálculo de la densidad; la fórmula “Densidad” (consultar figura 4). En la tabla XXIX se muestran los valores obtenidos para cada área del hotel, estos corresponden al análisis de la caracterización de los residuos sólidos.

Tabla XXX. **Producción per cápita y densidades**

Área	Semana 1		Semana 2	
	Producción per cápita	Densidad	Producción per cápita	Densidad
Restaurante y cocina	0.05 kg/hab/día 52.7 g/hab/ día	158.48 kg/m ³	0.12 kg/hab/día 116.4 g /hab/día	232.97 kg/m ³

Continuación tabla XXX.

Recepción	0.01 kg/hab/día 10.7 g/hab/día	1.36 kg/m ³	0.05 kg/hab/día 50.4 g/hab/día	23.24 kg/m ³
Habitaciones y pasillos	0.06 kg/hab/día 56 g /hab/ día	103.72 kg/m ³	0.0018 kg/hab/día 1.8 g /hab/ día	53.69 kg/m ³
Jardín	-----	91.40 kg/m ³	-----	67.19 kg/m ³

Fuente: elaboración propia.

El área de jardín no cuenta con un valor para la producción per cápita, ya que los residuos generados en esta área son el resultado de la actividad de podado.

Restaurante y cocina, además de ser el área con una mayor generación per cápita de residuos sólidos, también cuenta con los valores de densidad más altos, esto debido a que la mayoría de sus residuos son del tipo orgánico. La densidad de los residuos generados en el área de recepción es menor a las otras áreas, ya que gran parte de los residuos que genera, corresponden a la categoría de papel y cartón.

4.2.3. Mediciones estadísticas

Para el estudio en cuestión se evaluaron 5 parámetros estadísticos, los cuales son: media, desviación estándar, valor máximo, valor mínimo y rango. Los resultados obtenidos se aprecian en las tablas XXXI y XXXII.

Tabla XXXI. **Parámetros estadísticos para resultados de primera semana**

	Pesos totales (kg)	Media	Desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo	Rango
Plástico	5.23	0.75	0.36	1.19	0.33	0.86
Papel y cartón	9.90	1.41	1.29	3.53	0.13	3.40
Material ferroso	1.17	0.17	0.22	0.64	0.05	0.60
Material no ferroso	0.12	0.02	0.02	0.05	0	0.05
Varios	1.09	0.16	0.19	0.57	0.04	0.53
Orgánico	132.76	18.97	13.56	40.50	6.36	34.14
Vidrio	9.33	1.33	2.13	5.54	0	5.54
Peligrosos	0.01	0	0	0.01	0	0.01
Sanitarios	23.16	3.31	4.73	13.23	0.41	13.23
TOTAL	182.77	26.11				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Parámetros estadísticos para resultados de segunda semana**

	Pesos totales (kg)	Media	Desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo	Rango
Plástico	21.74	3.11	1.73	6.68	1.59	5.09
Papel y cartón	19.26	2.75	3.10	9.51	0.69	8.82
Material ferroso	3.65	0.52	0.43	1.33	0	1.33
Material no ferroso	1.01	0.14	0.16	0.44	0	0.44
Varios	4.51	0.64	0.57	1.52	0	1.52
Orgánico	392.58	56.08	25.17	110.40	36.30	74.10
Vidrio	33.60	4.80	2.18	7.47	1.98	5.49
Peligrosos	0.02	0.01	0.01	0.02	0	0.02
Sanitarios	44.33	6.33	3.75	12.70	0.03	12.66
TOTAL	520.71	74.39				

Fuente: elaboración propia.

Los valores correspondientes al peso de los residuos se encuentran dados en kilogramos, la media indica la cantidad promedio diaria que se genera de dicho residuo al día, tanto para temporadas con poca afluencia de turistas (resultados primera semana), como para temporadas de alta afluencia de turistas (resultados segunda semana). La sumatoria de la columna “Media” representa el valor del peso total de los residuos generados en un día de actividades, según los resultados, para temporadas de gran afluencia, la cantidad de residuos generados es 3 veces mayor a la cantidad generada en temporada de poca afluencia.

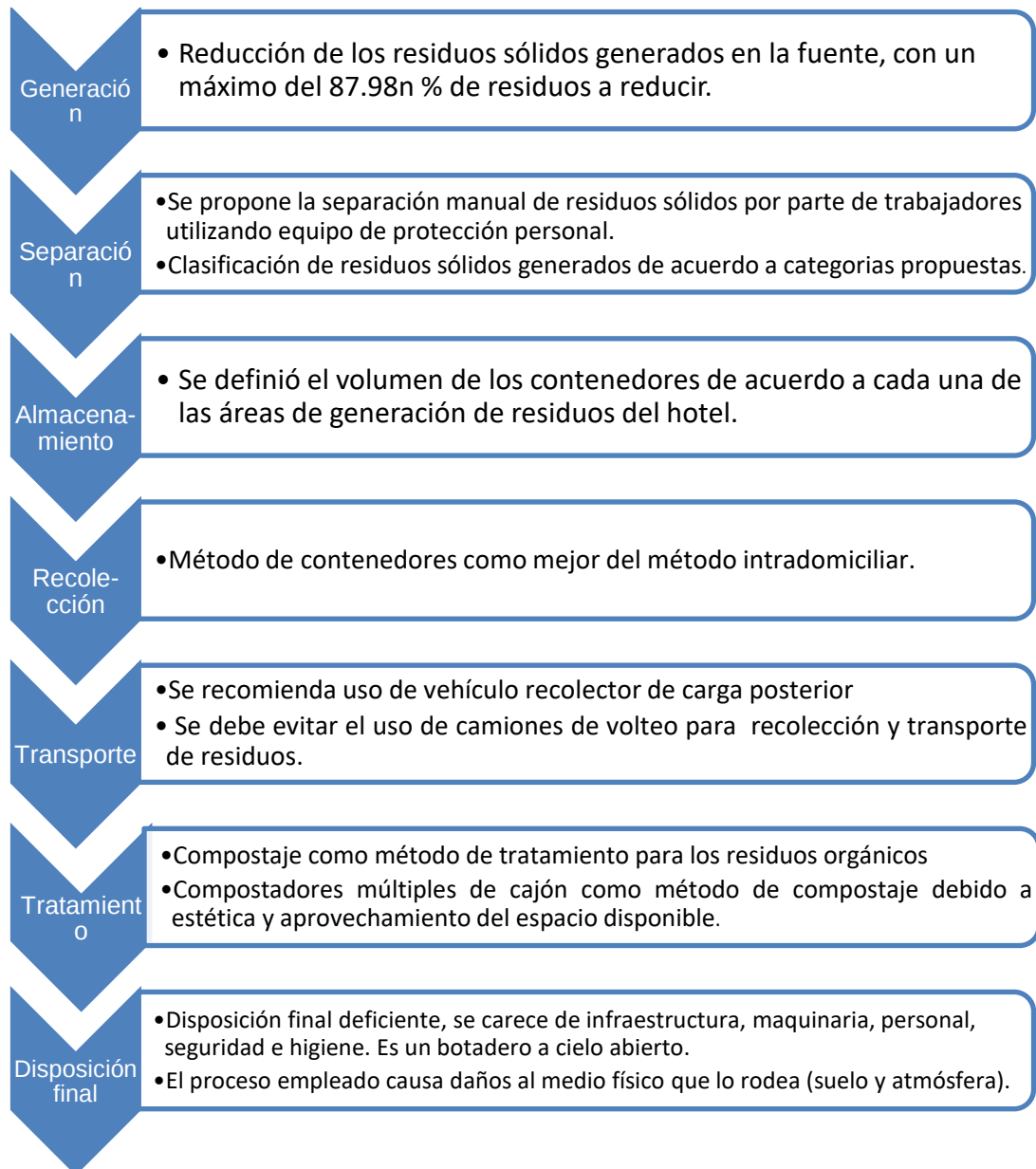
Los valores máximo y mínimo, representan los residuos de acuerdo con su peso por día, por lo tanto, estos indican la generación máxima y mínima de una clase de residuo para 1 día, por tal razón esta última presenta, en algunos casos, valores igual a cero, debido a que no hubo generación de esa clase de residuo en todos los días del estudio.

La desviación estándar representa la dispersión del conjunto de residuos sólidos en cuestión, por lo tanto, entre mayor es sea su valor, mayor será la dispersión que exista entre los valores de la generación de residuos, en este caso los mayores valores de la desviación estándar pertenecen a la categoría de residuos orgánicos, pero a su vez esta categoría es la que posee mayores rangos entre sus valores máximos y mínimos.

4.3. Sistema de gestión integral de residuos sólidos

A continuación, se presenta de manera sintetizada el modelo de gestión integral de residuos sólidos.

Figura 42. **Esquema del modelo de gestión integral de residuos sólidos**



Fuente: elaboración propia. Realizado con Microsoft Word.

4.4. Beneficios de la implementación del modelo

Con la implementación del modelo de gestión de residuos sólidos propuesto, es posible obtener los siguientes beneficios.

- Estandarización de un sistema de gestión de residuos sólidos.
- Prevención de enfermedades en el personal del hotel por contacto con residuos sólidos.
- Fomentar las buenas prácticas ambientales.
- Contribuir con el cuidado del medio ambiente al reducir los residuos sólidos que son dispuestos en un botadero a cielo abierto.
- Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos como un fertilizante por medio del compostaje, el cual puede ser aprovechado dentro de la institución o bien ser vendido.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente trabajo de investigación propone el diseño de un modelo de gestión integral de residuos sólidos para una institución hotelera, con el fin de estandarizar un sistema de gestión integral de residuos, para ello se realizó una caracterización y un análisis de las etapas del manejo de residuos, estas sirvieron para analizar las condiciones actuales de los residuos sólidos desde el momento de su generación hasta su disposición final.

Se analizó el comportamiento de la generación de residuos como primera instancia, esta fue mayor durante la segunda semana de caracterización en comparación con la primera, ya que el día de menor generación de la segunda semana, no deja de ser mayor al día de mayor generación de la primera semana, siendo este el 20 de diciembre del 2020, con un total de 137.68 kg, mientras que el día de menor generación fue el 30 de septiembre del 2020, con un total de 8.95 kg. Cabe resaltar que el mes de diciembre representa una época con mayor afluencia turística, por lo que se esperaba que la generación de residuos fuera mayor durante la segunda semana.

El máximo porcentaje de ocupación se obtuvo durante el transcurso de la segunda semana, mientras que el día con menor porcentaje de ocupación fue el 25 de septiembre del 2020, ya que este día no se registraron huéspedes. Al comparar la generación de residuos sólidos con el porcentaje de ocupación del hotel, es posible deducir que no existe una relación directa entre el número de huéspedes respecto a la generación de residuos sólidos, ya que dicha generación no depende únicamente del área de habitaciones y pasillos.

En el área de restaurante y cocina, predomina la generación de residuos orgánicos, estos representan alrededor del 76 % de los residuos generados en todo el hotel, por lo tanto, es importante hacer énfasis en esta clase de residuos para reducir la cantidad que se destina al proceso de disposición final.

En el caso del área de recepción la generación de residuos no es consistente, debido a que no siempre se encuentra atendida por el mismo personal, los turnos son rotativos y los encargados deben consumir sus alimentos en esta área para no descuidar sus labores. La mayor parte de los residuos están conformados por la categoría papel y cartón. Por otra parte, los residuos orgánicos, el material no ferroso y el plástico generado en esta área, corresponden a los residuos de los alimentos ingeridos por el personal de dicha área.

Los resultados obtenidos en el área de habitaciones y pasillos indican que los residuos sanitarios predominan en esta área con una generación mayor al 70 % del total de dicha área. El 30 % restante presenta variaciones debido que no todos los huéspedes del hotel generan la misma clase de residuos más allá de los sanitarios.

Los residuos generados en el área de jardines fueron en su totalidad del tipo orgánico y son el resultado del proceso de podado de árboles, arbustos y césped dentro de las instalaciones de la institución, además en esta área no existen recipientes para depositar los residuos, por lo tanto, no existen una generación de residuos más allá de los del tipo orgánico. La actividad de poda se lleva a cabo un máximo de 2 veces a la semana, sin embargo, esta se realiza con menos frecuencia en temporada de alta afluencia turística, ya que los encargados de esta área deben auxiliar a sus compañeros de otras áreas.

La producción per cápita aumentó considerablemente durante la segunda semana para las áreas de recepción y restaurante y cocina en comparación a la primera semana, sin embargo, el comportamiento fue totalmente opuesto para el área de habitaciones y pasillos, ya que este disminuyó considerablemente. Estas variaciones se presentaron debido a que la generación en esta área depende de manera directa de los hábitos de los huéspedes, además de la menor cantidad de restricciones gubernamentales que existían para la segunda semana por motivo de la pandemia.

Una vez analizadas las cantidades y categorías de residuos generados dentro la institución, se procedió a la realización del modelo de gestión, como primera instancia se verificaron las cantidades que pueden ser sometidas a una reducción de residuos y se determinó que el 87.98 % del total de residuos son aptos. Las categorías contenidas en este aprovechamiento de los residuos son los siguientes: plástico, vidrio, papel y cartón, orgánico, varios, ferroso y no ferroso.

Para la etapa de almacenamiento se propusieron volúmenes específicos para los recipientes de acuerdo con el área de generación, el mayor volumen obtenido fue de 111 litros para el área de restaurante y cocina, por lo tanto, los contenedores a utilizar en esta área deben ser de mayor capacidad en comparación a otras áreas, además deben poseer ruedas para facilitar su movilidad dentro de la institución.

Posteriormente se estableció un sistema de separación de residuos, el cual aplicará a todas las áreas de la institución y se dividió en las siguientes categorías: orgánico, papel y cartón, plástico, metales, vidrio, peligrosos y otros. La separación debe realizarse manualmente por los empleados de la institución

y al momento de llevar a cabo la separación deben utilizar guantes como equipo de protección personal, al finalizar el proceso desinfectarse con alcohol.

En la recolección se propuso el método de contenedores, debido a que es el más adecuado para llevar a cabo este proceso en instituciones de gran generación de residuos, además de su eficacia. Los contenedores deben situarse en un lugar que sea de fácil acceso para los recolectores. Para el transporte se propuso la estandarización de vehículos recolectores de carga posterior, pues estos se adaptan al método de contenedores y actualmente no se cuenta con un vehículo adecuado para llevar a cabo dicha actividad.

Para el tratamiento de los residuos se propuso el método de compostaje debido a que estos residuos representan el 75 % del total producido, al comparar la composición de los residuos orgánicos de ambas semanas, se determinó que la mayor parte de estos corresponden a residuos alimenticios, de estos se destacan los residuos de frutas y verduras, en especial la cáscara de naranja, la cual se consume en gran medida y se encuentran en cada contenedor del área de restaurante y cocina.

Derivado de lo anterior se estableció la utilización del método de compostadores múltiples debido a que su implementación no requiere de gran espacio y es capaz de tratar una gran cantidad de residuos, por lo que este método es adecuado para tratar los residuos orgánicos dentro de la institución al mismo tiempo que beneficia el proceso de disposición final, ya que este último es deficiente al carecer de infraestructura, maquinaria, personal y un método. Para la operación de los compostadores es necesario tomar en cuenta que los residuos de jardín deben ser triturados, mientras que los residuos alimenticios pueden ser dispuestos sin previa preparación y las capas de material no deben ser mayores a 15 cm.

CONCLUSIONES

1. Se presentó un proyecto sobre la elaboración de un modelo de gestión integral de residuos sólidos en una institución hotelera, este determinó que el 87.98 % de los residuos sólidos generados son aptos para ser aprovechados por medio del reciclaje y el compostaje.
2. Se estimó que la cantidad promedio de residuos generados dentro de la institución asciende a un total de 50.24 kg por día, del cual el 75 % son residuos orgánicos. El área de mayor aporte es el restaurante y cocina, con un aporte del 76.44 % del total de residuos sólidos generados.
3. Para establecer el modelo de gestión integral de residuos sólidos fue necesario determinar un sistema de separación por categorías, las cuales se basaron en los resultados de la caracterización, esto sumado a un tratamiento por compostadores múltiples que es capaz de aprovechar el 75 % de los residuos sólidos generados.
4. Los principales beneficios derivados de la implementación de este modelo de gestión son del tipo ambiental, ya que permite disminuir la cantidad de residuos que son destinados a una disposición final, así como también el impacto negativo causado sobre el medio físico, debido a que esta disposición consiste en un botadero a cielo abierto.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar dos pesas al momento de medir la masa de los residuos sólidos durante la etapa de caracterización conforme a lo realizado en este estudio, para los residuos de papel, cartón, vidrio, material ferroso y plástico, se recomienda utilizar una pesa digital y medir en gramos. Mientras que, en el caso de los residuos orgánicos, es mejor hacer uso de una pesa de piso y medir en kilogramos o libras.
2. Hacer uso de la metodología empleada en este trabajo para la realización de modelos de gestión integral de residuos sólidos en otras instituciones comerciales.
3. Tomar en cuenta las temporadas de alta afluencia turística en el área de estudio al momento de realizar una caracterización de residuos sólidos dentro de una institución hotelera, ya que, en esta época se generarán más residuos y los hoteles pueden operar a su máxima capacidad.
4. Verificar los días y horarios del servicio de recolección previo a realizar una caracterización de residuos en una institución hotelera, ya que, de esta manera, se obtendrán muestras de residuos sólidos más representativas.

REFERENCIAS

1. Acosta, A., Micaela, B., Trujillo, C. y Montalvo, C. (2016). *Memorias Científicas del Congreso Internacional Turismo Hotelería Ambiente. Universidad Técnica de Cotopaxi*, Ministerio de Turismo de Ecuador, Centro de Estudios Transdisciplinario Bolivia, Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador. (p. 148).
2. Alcolea, M., y González, C. (2000). *Manual de compostaje en casa*. <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>.
3. Álvarez, M., De Burgos, J. y Céspedes, J. (2001). *Un análisis exploratorio de las estrategias medioambientales y el contexto organizativo de los hoteles españoles*. Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa. (p. 32).
4. Cairo, M., Di Gregorio, M., y Convertini, B. (2016). *Residuos Sólidos en Hoteles-Herramienta para la Gestión Sustentable*. In *Memoria Científicas del VIII Congreso Internacional Turismo, Hotelería, Ambiente* (p. 147).
5. Congreso de la República de Guatemala. (1997). *Decreto Número 90-97 Código de Salud*, (p.16) Guatemala: Congreso de la República.

6. Congreso de la República de Guatemala. (2002). *Decreto Número 12-2002 - Código Municipal*, (p.4) Guatemala: Congreso de la República.
7. Congreso de la República de Guatemala. (2010). *Iniciativa de Ley No. 4240*, de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos, (p. 20) Guatemala: Congreso de la República.
8. Do Rosario, J., Barrios, G., y Muto, D. (2014). *Caracterización de los residuos sólidos generados en el municipio de Cabinda*, Angola. *Centro Azúcar*. (p. 48-55).
9. Freire, P., y Brito, H. (2015). *Diseño de un sistema de gestión integral para el manejo de residuos sólidos en el mercado “La Merced”*, Trabajo de Titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, pp. 153.
10. García, N. (2018). *Plan de manejo de residuos y desechos sólidos producidos en el área urbana del municipio de San Juan Chamelco Alta Verapaz* (Doctoral dissertation, USAC-CUNOR-).
11. Girón, E. (2017). *Elaboración de un plan de manejo integral de residuos sólidos para el vertedero controlado, ubicado en el km. 22, carretera al Pacífico, Villa Nueva, Guatemala*, Universidad de San Carlos de Guatemala, pp. 1-49.
12. González, V. (2017). *Modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano del municipio de San*

Andrés Semetabaj, Sololá, Universidad de San Carlos de Guatemala.

13. Grádiz, M., y Raudales, R. (2012). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pínula*. Trabajo de Maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, -ERIS.
14. Guajala, M., Jiménez, E., y Ortiz, H. (2017). *Manejo integral de desechos sólidos en los principales barrios de un gobierno autónomo descentralizado parroquial. Ojeando la Agenda*.
15. Hannibal, B., Paulina, R., Mayra, E., Fausto, Y., Freire, P., Moreno, N., y Marcela, I. (2016). *Diseño De Un Sistema De Gestión Integral Para El Manejo De Residuos Sólidos En El Mercado" La Merced"*. European Scientific Journal.
16. Jaramillo, D. (2021). *Diseño y estructuración del plan de manejo de residuos sólidos del Hotel Tocarema-Girardot*. Trabajo de grado. Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ciencias Sociales y Empresariales.
17. Martínez, J. (2005). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos Fundamentos Tomo I*. (p. 164). Montevideo: Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe

18. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes* (primera edición). <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>
19. National Geographic España. (2020). *Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje*. Recuperado de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714
20. Ormazza, E. (2015). *Diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari de los cantones: Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal en el año 2014*.
21. Quiñónez, K. (2016). *Propuesta de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos caso validado en el mercado municipal de casillas departamento de Santa Rosa Guatemala*. Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado, (p. 55-60).
22. Ramírez, A. (2016). *Diagnóstico del manejo de desechos sólidos y propuesta de planta de tratamiento en San Andrés Semetabaj, Sololá, sistema de práctica profesional*, Universidad Rafael Landívar.
23. Rentería, J., y Zeballos, M. (2014). *Propuesta de Mejora para la gestión estratégica del Programa de Segregación en la Fuente y*

Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en el distrito de Los Olivos.

24. Rodríguez, K. y Ovando, L. (2016). *Propuesta de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos, caso validado en el mercado municipal de Casillas, Santa Rosa*. Trabajo de Maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Estudios de Postgrado, pp. 01-115
25. Rodríguez, L. (2007). *Protocolo de Kyoto: Debate sobre ambiente y desarrollo en las discusiones sobre Cambio Climático*. Gestión y Ambiente, pp. 119-128.
26. Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E. y Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Naciones Unidas CEPAL, pp. 17-105.
27. Ruiz, E., Álvarez, E. y Ortiz, H. (2017). *Manejo integral de desechos sólidos en los principales barrios de un gobierno autónomo descentralizado parroquial*. Revista Digital de Medio Ambiente “Ojeanda la Agenda”, Ecuador, pp. 16.
28. Sabogal, N. (1998). *El Protocolo de Montreal, un modelo de concertación para la protección de la capa de ozono*. Relaciones Internacionales.
29. Secretaria de Desarrollo Social. (1997). *Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales*. Subsecretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda, Oficialía Mayor, Dirección General de Infraestructura y Equipamiento.

30. Tchobanoglous, G. (1997). *Gestión integral de residuos sólidos*, España, p. 600.
31. Toro, E., Narea, M., Pacheco, J., Villablanca, E., y Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Naciones Unidas, CEPAL.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Peso de vidrio de acuerdo con su clasificación por color**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Apéndice 2. **Peso de residuos orgánicos**



Fuente: [Fotografía de Omar Pérez]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Apéndice 3. Plástico en centro de acopio municipal



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.

Apéndice 4. Cartón en centro de acopio municipal



Fuente: [Fotografía de Rodolfo Miranda]. (Panajachel, Guatemala. 2020). Colección particular.
Archivo personal.