

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS
Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, SOLOLÁ**

POR:

CÉSAR IVAN RODRÍGUEZ ALVARADO

CARNÉ: 201441628

MAZATENANGO, ABRIL DE 2,019.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS
Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, SOLOLÁ**

**Trabajo presentado a las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente -
CUNSUROC- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-**

POR:

CÉSAR IVAN RODRÍGUEZ ALVARADO

CARNÉ: 201441628

Previo a conferírsele el título que la acredita como:

Ingeniero en Gestión Ambiental Local

En el grado académico de Licenciado

MAZATENANGO, ABRIL DE 2,019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

M.Sc. Murphy Olimpo Paiz Recinos.

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo.

Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CUNSUROC

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano.

Director

REPRESENTANTES DE PROFESORES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretaria

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Angel Estuardo López Mejía.

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel.

Vocal

PEM Y TAE Rony Roderico Alonzo Solís.

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

MSc. Luis Felipe Arias Barrios

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

MSc. Rafael Armando Fonseca Ralda

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

Dr. Rene Humberto López Cotí

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Victor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

Ing Agr. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Coordinador Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y Notario

Lic. Marco Vinicio Salazar Gordillo

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador de Área

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del –CUNSUROC–

Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lcda. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Lic. Heinrich Herman León

DEDICATORIA

A DIOS: Por conferirme la vida y la sabiduría, rogándole para que la modestia prepondere siempre en mí

A MIS PADRES: Irene Beatriz Alvarado Rabanales y Arturo Ernesto Rodríguez Sandoval
Como recompensa por el amor y esfuerzo realizado a lo largo de toda mi etapa estudiantil.

A MI HERMANO: Arturo Emilio Rodríguez Alvarado
Por inculcarme el valor de la generosidad.

A MI TÍA Carolina Alvarado de Fernández (+)
Como un homenaje póstumo a su bondad.

A MIS ABUELOS: Miguel Ángel Alvarado y Elida Piedad Rabanales
Por instruirme en el camino correcto.

A MIS TÍOS: Erika, Glendy, Miguel, Julio, Héctor y Jorge por su apoyo incondicional.

A MIS PRIMOS: Didier, Jorge, Emilia, Camila, Fátima, Carol y Virginia
Por innumerables convivencias y alegrías compartidas desde la infancia.

A MI SOBRINO: Emilio Gabriel Rodríguez Vargas.
Esperando ser uno de sus ejemplos a seguir

AGRADECIMIENTO

- A.:** Mi alma mater Universidad de San Carlos de Guatemala, por facilitarme la mejor educación superior disponible en la región
- A.:** Inga Agr. Mirna Lucrecia Vela Armas supervisora del Ejercicio Profesional Supervisado por el tiempo, dedicación y consejos brindados durante su asesoría, primordiales para el éxito del mismo.
- A:** Licda. Sandra Queché Xingo directora de la Dirección de Gestión Ambiental Municipal del municipio de Panajachel, por el apoyo y las directrices brindadas durante el período de EPS.
- A:** Inga Gal Kharla Leticia Marysol Vides Rodas por la amistad y el tiempo dedicado a la revisión de mi documento de graduación
- A:** MSc. Karen Rebeca Pérez y Celso Gonzáles por su asesoría en la investigación realizada.
- A:** Mirna Dardón por el amor y apoyo moral brindado en la etapa de EPS
- A:** Mis compañeros de la Universidad flaco, retoño y a la fraternidad de maigos por las directrices brindadas durante la etapa universitaria

ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos	3
III. MARCO REFERENCIAL.....	4
3.1 Información general del municipio de Panajachel, Sololá.....	4
3.1.1 Ubicación geográfica.....	4
3.1.2 Características socioeconómicas	4
3.1.3 División política del municipio.....	5
3.1.4 Clima.....	5
3.1.5 Orografía.....	6
3.1.6 Recursos naturales	6
3.2 Condiciones actuales del servicio de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos	6
3.2.1 Generación y almacenamiento.....	7
3.2.2 Recolección y transporte de residuos y desechos sólidos (tren de aseo).....	7
3.2.3 Clasificación y recuperación.....	9
3.2.4 Disposición final	10
a. Sitio de disposición final Pamuch, aldea Patanatic, municipio de Panajachel, Sololá.	10
b. Clausura del sitio de disposición final Pamuch.....	10
c. Compostera Coxom Argueta, Aldea Argueta, Municipio de Sololá, Sololá.	12
d. Situación actual de la disposición final de Panajachel.....	13

3.3 Reglamento para el manejo integrado de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel	15
IV. MARCO CONCEPTUAL	16
4.1 Residuos y desechos sólidos.....	16
4.1.1 Residuos y desechos sólidos municipales.....	17
4.1.2 Residuos y desechos sólidos domiciliarios.....	17
4.1.3 Clasificación de los residuos y desechos sólidos por su origen... 18	
a. Orgánicos	18
b. Inorgánicos	18
4.2 Gestión integral de residuos y desechos sólidos	19
4.2.1 Generación	20
4.2.2 Recolección y transporte.....	20
4.2.3 Procesado y recuperación.....	21
4.2.4 Disposición final	21
4.2.5 Tratamiento de los residuos y desechos sólidos	22
a. Orgánicos:	22
b. Inorgánicos	23
4.3 Cobertura del servicio a nivel municipal.....	24
4.3.1 Cálculo de la cobertura del servicio.....	24
4.4 Legislación municipal en desechos sólidos.....	25
4.5 Optimización del tren de aseo	26
4.5.1 Frecuencia de recolección.....	26
4.5.2 Alternativas de frecuencia	26
a. Diaria	26
b. Interdiaria.....	27
c. Dos veces por semana	27
d. Una vez por semana.....	27
4.5.3 Rendimiento de la recolección	27
a. Tipo de equipo	28
b. Mantenimiento del equipo	28
c. Frecuencia de recolección	28
d. De los métodos de recolección	28
e. Horarios	28
f. Cuadrillas.....	29

g. Equipo de recolección.....	30
4.5.4 Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios.	30
4.5.5 Ruta de recolección.....	31
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
5.1 Materiales	32
5.2 Recursos humanos	33
5.3 Recursos financieros.....	33
5.4 Métodos	34
5.4.1 Caracterización de rutas	34
5.4.2 Evaluación de los vehículos para recolección	35
5.4.3 Identificación de la cobertura actual del servicio de residuos y desechos sólidos municipales.	38
5.4.4 Determinación de la salud y seguridad ocupacional adecuada para el personal	39
5.4.5 Propuesta de servicio de recolección y transporte óptimo en base a aspectos técnicos	40
VI. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	41
6.1 Caracterización de las rutas de recolección de residuos y desechos sólidos.	41
6.1.1 Evaluación de vehículos de recolección	42
a. Número de vehículos de recolección necesarios	42
b. Evaluación de la huella de carbono del vehículo de recolección.....	43
c. Cálculo del tiempo disponible por jornada laboral	44
6.2 Identificación de la cobertura actual del servicio de residuos y desechos sólidos municipales.....	45
6.3 Determinación de la salud y seguridad ocupacional adecuada para el personal	45
6.4 Propuesta de tren de aseo eficiente con base a aspectos técnicos e información generada en el campo.....	47
6.4.1 Horarios	47

6.4.2	Días de recolección.....	47
6.4.3	Vehículos y herramientas para la recolección	47
6.4.4	Recolectores del servicio	48
6.4.5	Rutas de recolección.....	48
6.4.6	Estaciones de transferencia	48
	a. Mapa con las rutas propuestas	49
6.4.7	Disposición final	50
6.4.8	Comparación de rutas actuales y propuestas.....	50
	a. Costos para habilitación de compostera en Pamuch.....	50
	b. Comparación en distancias recorridas	51
	c. Comparación en lapsos por descarga de desechos y recorridos.	52
	d. Comparación de lapsos en recolección de desechos.....	53
	e. Comparación en tiempo de trabajo a la semana	53
6.4.9	Beneficios de la propuesta.	54
	a. Beneficios económicos	54
	b. Beneficios ambientales	56
VII.	CONCLUSIONES.	57
VIII.	RECOMENDACIONES	58
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	59
X.	ANEXOS.....	64
	Anexo 1. Guía de entrevista a director financiero de la municipalidad	64
	Anexo 2. Lista de chequeo con aspectos de salud y seguridad ocupacional a evaluar.....	65
	Anexo 3. Guía de entrevista para salud y seguridad ocupacional de los trabajadores.....	66
	Anexo 4. Entrevista a empleados del tren de aseo municipal para evaluación de rendimiento de recolección.....	67
	Anexo 5. Datos de volumen de residuos y desechos sólidos recolectados por cada una de las rutas.....	68
	Anexo 6. Resumen de los datos recolectados en las cuatro rutas	70
	Anexo 7. Datos de tiempo en cada una de las rutas	71
	Anexo 8. Distancias recorridas de cada ruta	73
	Anexo 9. Rendimiento de recolección	74
	Anexo 10. Mapa de rutas actuales.....	76

Anexo 11. Caracterización ruta 1	80
Anexo 12. Caracterización ruta 2	81
Anexo 13. Caracterización ruta 3	82
Anexo 14. Caracterización ruta 4	83

INDICE DE FIGURAS

Figura No	Página
1. Ubicación geográfica del municipio de Panajachel, Sololá.	5
2. Mapa de rutas actuales del servicio de recolección y transporte de desechos sólidos del municipio de Panajachel, Sololá.	8
3. Mapa del sitio de disposición final “Pamuch”	11
4. Mapa de la compostera “Coxom Argueta”	12
5. Compostera “Coxom Argueta”, Sololá	13
6. Sitio de disposición final Pamuch.....	14
7. Resultado de las entrevistas de salud y seguridad ocupacional.	46
8. Gráfica de riesgos para trabajadores del servicio	46
9. Mapa de rutas propuesto para servicio de recolección de desechos	49
10. Ruta 1, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel.....	76
11. Ruta 2, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel.....	77
12. Ruta 3, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel.....	78
13. Ruta 4, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel.....	79
14. Transporte de desechos sólidos	80
15. Descarga de desechos sólidos inorgánicos, de ruta uno	80
16. Toma de datos en gasto de gasolina de ruta número dos	81
17. Recolección de desechos solidos	81

18. Toma de tiempo en recolección por calles.....	82
19. Recolección de desechos sólidos orgánicos.....	82
20. Descarga de residuos sólidos orgánicos en Compostera Coxom Argueta.....	83
21. Transporte de desechos sólidos de domicilio hacia vehículo	83

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Resultados de la caracterización de residuos y desechos sólidos.	9
2. Leyes y normas que rigen actividades con desechos sólidos	25
3. Materiales utilizados para la caracterización del servicio.	32
4. Recurso humano de la investigación	33
5. Caracterización de las rutas de recolección y transporte con datos semanales	41
6. Evaluación de vehículos necesarios	42
7. Evaluación de número de equipos necesarios con respecto al tiempo disponible.....	43
8. Huella de carbono de vehículos del servicio de recolección de desechos	43
9. Tiempos totales en traslados	44
10. Costos por apertura y operación de Compostera “Pamuch”	50
11. Comparación de kilómetros recorridos en las composteras	51
12. Diferencia en lapsos de descarga de desechos en “Pamuch”.....	52
13. Comparación en lapsos de recorridos hacia el sitio de disposición final	52
14. Disminución de horas en recolección	53
15. Comparación de horas trabajadas a la semana con la recuperación de compostera en Pamuch.....	53
16. Total de ahorro mensual en consumo de gasolina y pago de horas extra.	54
17. Ahorro anual en gastos de servicios de vehículos de las cuatro rutas	55
18. Beneficio económico anual total de la propuesta	55

19. Comparación en la emisión de CO ₂ en rutas	56
20. Volumen de desechos sólidos recolectados por ruta 1 en la semana	68
21. Volumen de desechos sólidos recolectados por ruta 2 en la semana	68
22. Volumen de desechos sólidos recolectados por ruta 3 en la semana	69
23. Desechos inorgánicos recolectados por ruta 4 en la semana	69
24. Resumen semana residuos y desechos sólidos inorgánicos	70
25. Resumen semana residuos y desechos sólidos orgánicos	70
26. Resumen horas trabajadas a la semana en cada ruta	71
27. Tiempo promedio de recorridos hacia el sitio de disposición final ruta 1 y 2.	71
28. Tiempo promedio de recorridos hacia el sitio de disposición final ruta 3 y 4.	71
29. Tiempo de descarga de desechos sólidos en la semana ruta 1 y 2	72
30. Tiempo de descarga de desechos sólidos en la semana ruta 3 y 4	72
31. Tiempo en ruta de recolección diaria	72
32. Kilómetros recorridos en traslados a disposición final ruta 1 y 2	73
33. Kilómetros recorridos en traslados a disposición final ruta 3 y 4	73
34. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 1	74
35. Evaluación de capacidad de carga de cada vehículo.....	74
36. Evaluación de los desechos recolectados por día	74
37. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 2	75
38. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 3	75
39. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 4	75

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, SOLOLÁ.

El municipio de Panajachel, departamento de Sololá se encuentra ubicado a orillas del lago de Atitlán, su cabecera municipal es la ciudad del mismo nombre y la principal actividad económica deriva del turismo tanto nacional como extranjero. Tiene alrededor de 13,238 habitantes y aproximadamente 3,633 familias según el conteo poblacional realizado por el Ministerio de Salud en 2,017.

En esta localidad se realizó el Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, iniciando con un diagnóstico del manejo actual de los residuos y desechos sólidos. Se identificaron y jerarquizaron las principales problemáticas que enfrenta la Dirección de Gestión Ambiental Municipal (DIGAM); resaltando situaciones desfavorables en el servicio de recolección y transporte de desechos sólidos, ya que éste fue establecido en el año 2,016 por DIGAM sin ninguna planificación técnica ni conocimiento del volumen y peso de los desechos a recolectar.

Para plantear soluciones y poder así mitigar la problemática anterior se realizó la presente investigación titulada: “Evaluación del servicio de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, Sololá”. El objetivo general de la misma es evaluar el servicio de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos, a través de la caracterización de las rutas de recolección, identificación de las principales debilidades en el servicio de recolección y proposición de un servicio de recolección y transporte de desechos sólidos eficiente para el casco urbano de Panajachel, Sololá.

Como primer paso se caracterizaron las cuatro rutas de recolección del servicio durante un mes; una ruta por semana, iniciando con la ruta uno y finalizando con la cuatro. Para realizarlo se registraron los lapsos de los recorridos hasta la disposición final, en recolección y descarga, se midieron las distancias utilizando un sistema de información

geográfica asimismo se determinó el volumen de cada carga para establecer el total de desechos recolectados por vehículo.

La caracterización demostró que las rutas recorren 1,626.4 km, recolectan 55,199.7 kg de desechos sólidos, cumplen 89 horas en la recolección, 56 horas en recorridos a los sitios de disposición final, y 15 horas en descarga de desechos, acumulando 176 horas trabajadas a la semana y un rendimiento de recolección promedio de 3,566.73 kg/trabajador/semana.

Es con base en estos resultados que se recomienda disminuir las horas trabajadas y kilómetros recorridos, habilitando la Compostera "Pamuch" ubicada en la aldea Patanatic, municipio de Panajachel. Además, la colocación de estaciones de transferencia en los callejones estrechos y largos donde el vehículo recolector no puede ingresar, indicándose la ubicación de los mismos a través de un mapa.

La habilitación de la compostera "Pamuch" que tiene un costo total de Q.108,135.96 reduciría 1,276.8 km en los recorridos y erradicaría 40 horas de trabajo por semana en las rutas.

La disminución en kilómetros recorridos y horas laboradas tendrían beneficios económicos contribuyendo a la reducción del consumo de gasolina, el servicio de mantenimiento de vehículos y eliminando horas extras.

Para la evaluación del equipo de recolección se determinó el número de vehículos de recolección necesarios con base en la cantidad de desechos a recolectar, el número de viajes de recolección y la capacidad de carga de cada uno. Así mismo, se estimó la huella de carbono producida por los vehículos con la finalidad de disminuirla. Obteniendo que las rutas actuales generan 62.5 toneladas al año de CO₂.

Las propuestas en la fase de recolección se conocerán detalladamente en los resultados de la presente investigación.

Para determinar la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores del servicio de recolección se realizaron entrevistas sobre el historial de accidentes y lesiones sufridas en la labor y se realizó una lista de chequeo con los accidentes frecuentes.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE COLLECTION AND TRANSPORTATION SERVICE OF SOLID WASTE OF THE MUNICIPALITY OF PANAJACHEL, SOLOLÁ.

Panajachel in the department of Sololá is located on the shore of Lake Atitlán, the municipal seat is the city of the same name and the main economic activity derives from national and foreign tourism. It has approximately 13,238 inhabitants and approximately 3,633 families according to the population count performed by Ministerio de Salud in 2,017.

In this locality the Supervised Professional Exercise of the career of Engineering in Local Environmental Management was carried out, starting with a diagnosis of the current management of solid waste. The main problems faced by the Municipal Environmental Management Department were identified and classified; revealing several unfavorable situations in the collection and transport of solid waste service, because it was started without any kind of technical planning or knowledge of the volume and weight of the waste that would be collected.

This research titled: "Evaluation of the collection and transportation service of solid waste of Panajachel, Sololá" was carried out to propose solutions and mitigate the problems mentioned before. The general objective of the investigation is to evaluate the collection and transport of solid waste, through the characterization of collection routes, identifying the main weaknesses in the collection service and the propose an efficient solid waste collection service for the urban area of Panajachel. Sololá.

As a first step, the four service collection routes were characterized for one month; a route each week, starting with route one and ending with route four. For this the lapses were recorded in the trips to the final disposal sites, collection and discharge, the distances were measured using a geographic information system and the volume of each truck load was determined to establish the total waste collected by vehicle.

The characterization showed that the routes cover 1,626.4 km, they collect 55,199.7 kg of solid waste, accumulate 56 hours in trips to the sites of final disposal, they collect

55,199.7 kg of solid waste, accumulate 56 hours in transportation to the final disposal sites, 89 hours in the collection and 15 hours in unloading the trucks, accumulating 176 hours worked per week and an average performance of 3,566.73 kg/worker/week.

Based on the results it is recommended to reduce the hours worked and kilometers traveled enabling the "Pamuch" site to make compost, located in the village Patanatic. In addition, the placement of transfer stations in the narrow and long alleys where the collector vehicle cannot enter, proposing the location of them.

Enabling the "Pamuch" site to make compost has a total cost of Q.108, 135.96 reducing 1,276.8 km in displacements and eradicating 40 hours of work each week on the routes.

The decrease in kilometers traveled and the hours worked would have economic benefits contributing in the reduction of gasoline consumption, vehicle maintenance and elimination of overtime, resulting in a savings of Q.161,384.02 with an investment return rate of eight months.

For the evaluation of the collection equipment, the number of necessary collection vehicles was calculated using, the amount of waste to be collected, the number of collection trips each week and the truck loading capacity of each vehicle. The carbon footprint produced by the vehicles was estimated in order to decrease it, for this the consumption of gasoline each week was known in each route. Demonstrating the current routes generate 62.5 tons per year of CO₂..

The proposals in the collection phase will be known in detail in the results of the present investigation.

To determine the occupational health and safety of service workers interviews were conducted to know the history of accidents and injuries suffered in the work for each worker, in addition to a checklist was used to evaluate the risks to which they are exposed.

It was shown that 94% of the collection personnel had suffered accidents during the work, due mainly to the lack of personal protective equipment.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación inferencial fue realizada en el municipio de Panajachel ubicado en la región VI denominada Sur-Occidente, en el altiplano central de la república de Guatemala. La cabecera del municipio se encuentra en el cuadrante Noreste, del departamento de Sololá, a orillas del lago de Atitlán. Según Mankatitlán (2011), la extensión territorial del municipio de Panajachel es de 22 kilómetros cuadrados. Esto equivale al 2.07% de la superficie del departamento de Sololá y el 0.02% del territorio nacional. Su principal cuerpo de agua es el río San Francisco.

El manejo integral de los residuos y desechos sólidos en el municipio es uno de los servicios que genera preocupación a las autoridades municipales debido a que la etapas de recolección y transporte no se cubre diariamente en todas las viviendas del casco urbano provocando disgusto en la población.

La presente investigación inferencial tiene como objetivo general evaluar el servicio de recolección y transporte de los desechos, Para lo cual se realizó la caracterización de cada una de las cuatro rutas que funcionan actualmente en el municipio; se obtuvo información del servicio de recolección actual así como datos relevantes en la toma de decisiones.

Se determinaron tiempos de recolección, descarga de desechos, recorridos hacia los sitios de disposición final, además de mediciones del volumen de residuos orgánicos e inorgánicos. Esto se desarrolló durante un mes, caracterizando una ruta por semana de lunes a sábado en el recorrido completo de cada día.

Las propuestas de rutas de recolección de residuos y desechos sólidos se redactaron con el fin de contribuir a los aspectos de mejora como: requisitos mínimos de salud y seguridad para los trabajadores, cumplimiento de recolección en el casco urbano, funcionalidad de horarios, cantidad de vehículos y herramientas, así aportar a la solidez de una de las fases del manejo integral de residuos y desechos sólidos.

Se realizaron propuestas en horarios, días de recolección, vehículos y herramientas necesarios, número de recolectores del servicio, traslados en rutas, ubicación de estaciones de transferencia y en los sitios de disposición final.

Las rutas propuestas logran disminuir 1,276.8 kilómetros recorridos, siete horas en descarga de desechos sólidos, 26 horas en recorridos a los sitios de disposición final y 13 horas en recolección de desechos por semana y así eliminar los pagos de horas extra y prescindir del consumo de 345 galones de gasolina por mes.

Los beneficios de las propuestas se dividen en dos categorías; en el económico donde se ahorraría Q. 161,384.02 anuales, el costo total de la ejecución de las propuestas se cubriría en ocho meses. El beneficio ambiental viene como resultado de la reducción en el consumo de gasolina de los vehículos recolectores, ya que actualmente se emiten 62.55 toneladas de CO₂ y se reduciría a solo 24.12 Toneladas emitidas por año.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Evaluar el servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos de Panajachel, Sololá.

2.2 Específicos

- Caracterizar las rutas de recolección y transporte de desechos sólidos.
- Identificar las principales debilidades en el servicio de recolección y transporte de desechos sólidos.
- Proponer un servicio de recolección y transporte de desechos sólidos eficiente para el casco urbano de Panajachel.

III. MARCO REFERENCIAL

3.1 Información general del municipio de Panajachel, Sololá.

3.1.1 Ubicación geográfica

Panajachel, es uno de los 19 municipios del departamento de Sololá, ubicado en la región VI denominada Sur-Occidente, en el altiplano central de la república de Guatemala. La cabecera del municipio se encuentra en el cuadrante Noreste, del departamento, a orillas del lago de Atitlán. Se ubica a una altitud promedio de 1,573 MSNM. (De Paz, 2014.)

Las coordenadas de la cabecera municipal son: latitud 14°44'52", longitud 91°09'12". Dista de la ciudad capital a 147 kilómetros, vía Carretera Interamericana CA-1, ingresando por el km 131, La Cuchilla, aldea Xajaxac del municipio de Sololá; a 116 kilómetros vía Carretera Interamericana CA-1 ingresando por el km. 69, Patzicía-Patzún, y a 200 km. Por la ruta del Pacífico, CA-11, vía Cocales. (Municipalidad de Panajachel, 2011).

3.1.2 Características socioeconómicas

En el municipio de Panajachel estiman una población total de 13,238 habitantes aproximadamente 3,633 familias. (Ministerio de Salud, 2017)

La principal fuente de ingresos en el municipio de Panajachel proviene del turismo, ya que es la mayor actividad productiva; debido al acceso y vista que posee del lago de Atitlán, un sitio sumamente atractivo para el turismo nacional e internacional.

Panajachel ofrece una variedad de hoteles y restaurantes, además de ventas de productos locales dentro del sector informal. Para otras familias, los ingresos proceden del sector de comercio y servicios. En el municipio existe una gran cantidad de tiendas y abarroterías, sumando 168 en 2011 (Mankatitlán, 2011). Para unas pocas familias, el medio de subsistencia consiste en la artesanía o agricultura. (Alvarenga, C. 2008)

3.1.3 División política del municipio

Según Mankatitlán 2011, Panajachel se encuentra conformado por una aldea llamada Patanatic, un caserío llamado San Luis y la cabecera municipal constituida por cuatro zonas en donde se encuentran los barrios: Centro, Barrio Norte, Jucanyá Sur, Jucanyá Norte y Sector Bomberos además de tres fincas; San Buena Ventura, La Dicha y La Vega.

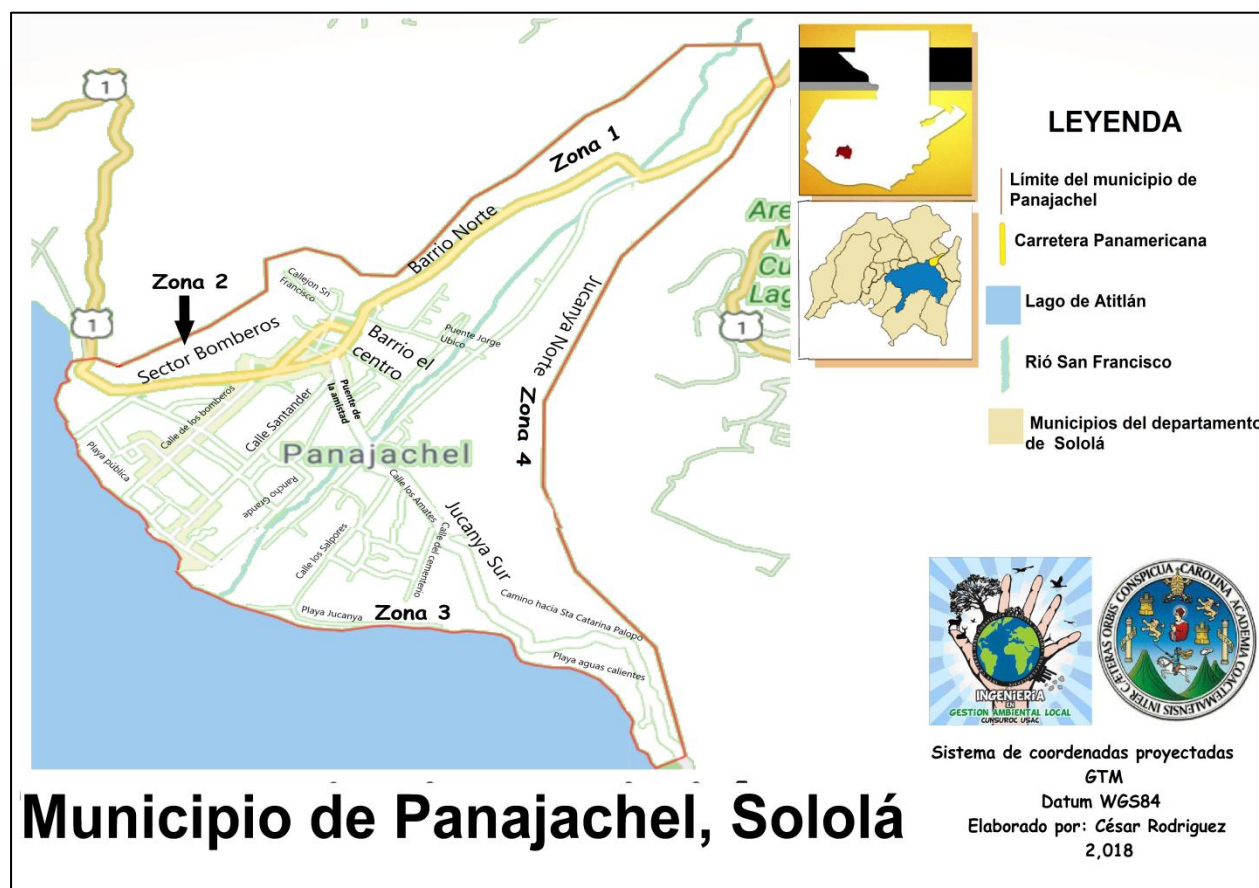


Figura No. 1. Ubicación geográfica del municipio de Panajachel, Sololá.

3.1.4 Clima

El territorio de Panajachel pertenece a las tierras altas de la cadena volcánica, con montañas y colinas, que van de moderadas a escarpadas. El régimen de lluvias se extiende desde el mes de mayo hasta octubre, se caracteriza por las lluvias constantes y copiosas, el nivel de precipitación pluvial anual está entre los valores 1,500 y 2,500 mililitros.

La temperatura anual en Panajachel es de 12°C a 18°C y los vientos son moderados menores a cuatro Km/h, en situación normal y la humedad relativa es del 79% al 86%. Con base en los indicadores anteriores que al interrelacionarse determinan el clima de una región, se puede decir que en Panajachel el que predomina es el templado. (Climate Data, 2018)

3.1.5 Orografía

El municipio está ubicado dentro de las provincias fisiográficas como la pendiente volcánica central (Atitlán – Pacaya) que tiene un área de 57.05 kilómetros cuadrados, zona montañosa occidental (Tacaná – Techan), con un área de 998.15 kilómetros cuadrados que representa un 94.08% del total del área del departamento de Sololá. Tesis 2008 bosque también (Castillo, Y. 2008).

3.1.6 Recursos naturales

El municipio de Panajachel es un lugar de atracción turística, principalmente por el recurso natural más importante que posee: el Lago de Atitlán. Además de sus diversas cascadas formadas por los nacimientos de agua que se encuentran en las montañas que lo rodean, entre ellas están: la Catarata de San Jorge la cual se aprecia en el trayecto que conduce de la cabecera departamental hacia Panajachel. (Castillo, Y. 2008)

3.2 Condiciones actuales del servicio de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos

Los pobladores del casco urbano del municipio de Panajachel clasifican los residuos y desechos sólidos en: orgánico, inorgánico reciclable e inorgánico no reciclable debido a que el servicio de recolección no lo recibe mezclado y estipula un día diferente para cada tipo de desecho.

Se cuenta con un reglamento para el manejo integral de residuos y desechos sólidos que indica: “en el municipio se realiza dicha actividad desde el año 2016 el cual comprende: generación, almacenamiento temporal y separación, recolección,

transporte, recuperación (que incluye la reutilización y el reciclaje), el tratamiento y la disposición final”. 25. (Reglamento para el manejo integrado de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, 2017)

3.2.1 Generación y almacenamiento

El servicio de tren de aseo se presta en el casco urbano de Panajachel, incluyendo la colonia La Vega, siendo el 55% del total de pobladores del municipio.

El servicio no se presta en el área rural del municipio, siendo Patanatic (la única aldea de Panajachel), en donde no se atiende con el tren de aseo municipal. De las 3,633 familias del municipio el servicio se presta a 2000 familias.

La generación de desechos sólidos se estima en 6235 kg/día, o 2,275.78 Ton/año (PROATITLÁN, 2017). Los desechos generados y cuantificados son de cuatro tipos: orgánicos 39.6%, reciclables inorgánicos 27.03%, mezclados 25.71% y reciclables valorizables 7.6%.

3.2.2 Recolección y transporte de residuos y desechos sólidos (tren de aseo)

El municipio de Panajachel cuenta con servicio de tren de aseo prestado por la municipalidad, integrado por 44 personas incluyendo administrativos, barrido de calles y cuatro rutas de recolección de desechos en el casco urbano del municipio y colonia La Vega (ver Figura No. 2 página 8).

La municipalidad de Panajachel con la coordinación de la Dirección de Gestión Ambiental Municipal (DIGAM), tiene seis grupos de tarea para el tren de aseo; cuatro personas en la ruta uno; cuatro personas en la ruta dos; cuatro personas en la ruta tres; cinco personas en la ruta cuatro; siete personas para el barrido en el grupo uno (calles principales); siete personas para barrido grupo dos (playa pública). (PROATITLÁN, 2017)

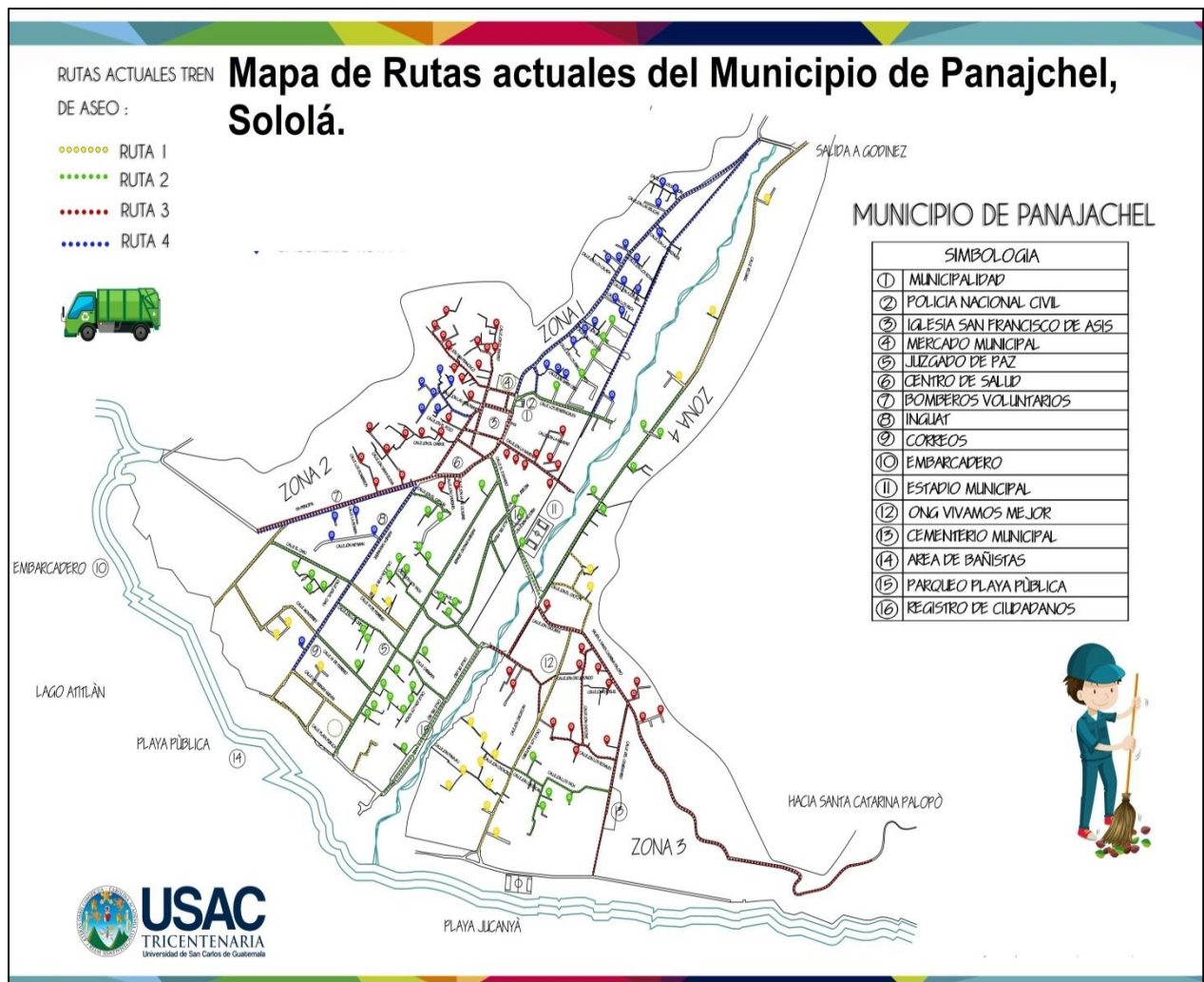


Figura No. 2. Mapa de rutas actuales del servicio de recolección y transporte de desechos sólidos del municipio de Panajachel, Sololá.

El tren de aseo cuenta con cuatro vehículos; dos camiones marca KIA, modelo 2015 de tres toneladas cada uno; un furgón marca ISUZU, modelo 2000 de siete toneladas; un camión de volteo modelo FORD L9000, modelo 1987, de 18 toneladas. El único accesorio de equipo de protección personal con que cuentan son guantes.

Los días estipulados para la recolección son de lunes a sábado excepto los días jueves (salvo la ruta tres quien descansa viernes). El horario es de 6:00 a 14:00 horas (exceptuando la ruta uno quien empieza los labores a las 4:00 horas); todas las rutas culminan el servicio más tarde de lo previsto debido a los recorridos largos y cantidad de desechos a trasladar. (PROATITLÁN, 2017)

La tarifa que se cobra, según DIGAM, son Q 6.00/mes/servicio. Sin embargo, se informa que aún no se aplica el reglamento vigente aunque se hacen las gestiones para hacerlo, dicho reglamento fue aprobado por el consejo municipal y publicado en el diario de Centroamérica el 27 de enero del 2017. (PROATITLÁN, 2017)

Dicho reglamento en el título IV capítulo único, de los aspectos financieros, artículo 104 tasas por servicio de extracción de basuras dice: “por servicio de extracción de basura debe guardar una correspondencia directa entre la cantidad y tipo de desechos generados y el importe a pagar”.

De conformidad con lo anterior y de acuerdo con los estudios anuales sobre costos de administración, operación, mantenimiento, mejoramiento de calidad y cobertura de servicios, el Concejo Municipal estableció el monto de las tasas por la prestación del servicio de recolección, atendiendo a su clasificación en el presente artículo.

3.2.3 Clasificación y recuperación

Los días martes y viernes las cuatro rutas recolectan desechos inorgánicos. Los residuos reciclables como: vidrio, aluminio, papel y cartón se transportan hacia al centro de acopio ubicado en calle “La Navidad” zona cuatro, casco urbano de Panajachel, para su clasificación y venta.

La caracterización se realizó en dos semanas de muestreo diferentes, del 15 al 22 de mayo y del 18 al 24 de julio del 2016 por PROATITLÁN en 2016.

Cuadro 1. Resultados de la caracterización de residuos y desechos sólidos.

Producción Per cápita 0.52 kg/habitante/día		
Tipo de material	Porcentaje	Densidad
Orgánico	55.46%	381.10 kg/m ³
Inorgánico	41.45%	73.21 kg/m ³
Reciclable	3.09%	65.25 kg/m ³

Fuente: (PROATITLÁN, 2017)

El promedio de producción de desechos sólidos de los habitantes de Panajachel es menor que el promedio a nivel nacional que es de 0.88 kg/hab/día, sin embargo el nivel elevado de turismo hace que se produzca una cantidad de desechos mayor en comparación con municipios de similar número de población.

3.2.4 Disposición final

El sitio de disposición final nombrado “Pamuch” ubicado en la única aldea del municipio, llamada Patanatic tiene un área de 13,379.30 m² a 3.8 kilómetros del casco urbano de Panajachel. Está situada en un terreno de propiedad municipal.

La planta fue diseñada por la mancomunidad MANKATITLAN, y financiada por ésta (con recursos de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID), la municipalidad y aportes de la Autoridad para el Manejo de la Cuenca. (AMSCLAE, 2013).

a. Sitio de disposición final Pamuch, aldea Patanatic, municipio de Panajachel, Sololá.

Durante inicios del año 2,017 en Panajachel funcionaba “Pamuch” para disponer de todos los residuos y desechos sólidos recolectados en el casco urbano, los cuales eran clasificados en orgánico e inorgánico reciclable y no reciclable.

Los residuos orgánicos eran tratados en la compostera del sitio que cuenta con cuatro patios de secado y por medio de un proceso de descomposición se convertía en abono orgánico, para posteriormente ser vendido en quintales con el nombre “Abonando el futuro”.

Los desechos inorgánicos no reciclables eran compactado y cubiertos con tierra proveniente del mismo sitio, formando trincheras. Los residuos inorgánicos reciclables eran clasificados según el tipo de material y almacenados en bodegas cercanas para ser vendidos.

b. Clausura del sitio de disposición final Pamuch

Finalizando el mes de septiembre del año 2017, el sitio de disposición final Pamuch enfrentaba una situación difícil, debido a la proliferación de perros y vectores transmisores de enfermedades (moscas). (Queche, S. 2,018)

Los habitantes de la aldea Patanatic principales afectados junto a las autoridades comunitarias en señal de molestia clausuraron el sitio de disposición final, prohibiendo la entrada de los vehículos de recolección.

Esta acción obligo a las autoridades municipales a gestionar áreas adecuadas para disponer los residuos y desechos sólidos recolectados en el municipio de manera temporal.

Para los desechos inorgánicos no reciclables rentaron un terreno a las afueras del casco urbano de Panajachel arriba del puente Ubico, en donde se realizaban trincheras cubriendo los desechos con tierra. (Queche, S. 2,018)

Se abrió en septiembre del 2017 un centro de acopio para los residuos inorgánicos reciclables ubicado en la calle "La Navidad" zona cuatro del casco urbano de Panajachel, en donde se sigue el procedimiento de clasificación de residuos según su material, almacenamiento y venta.

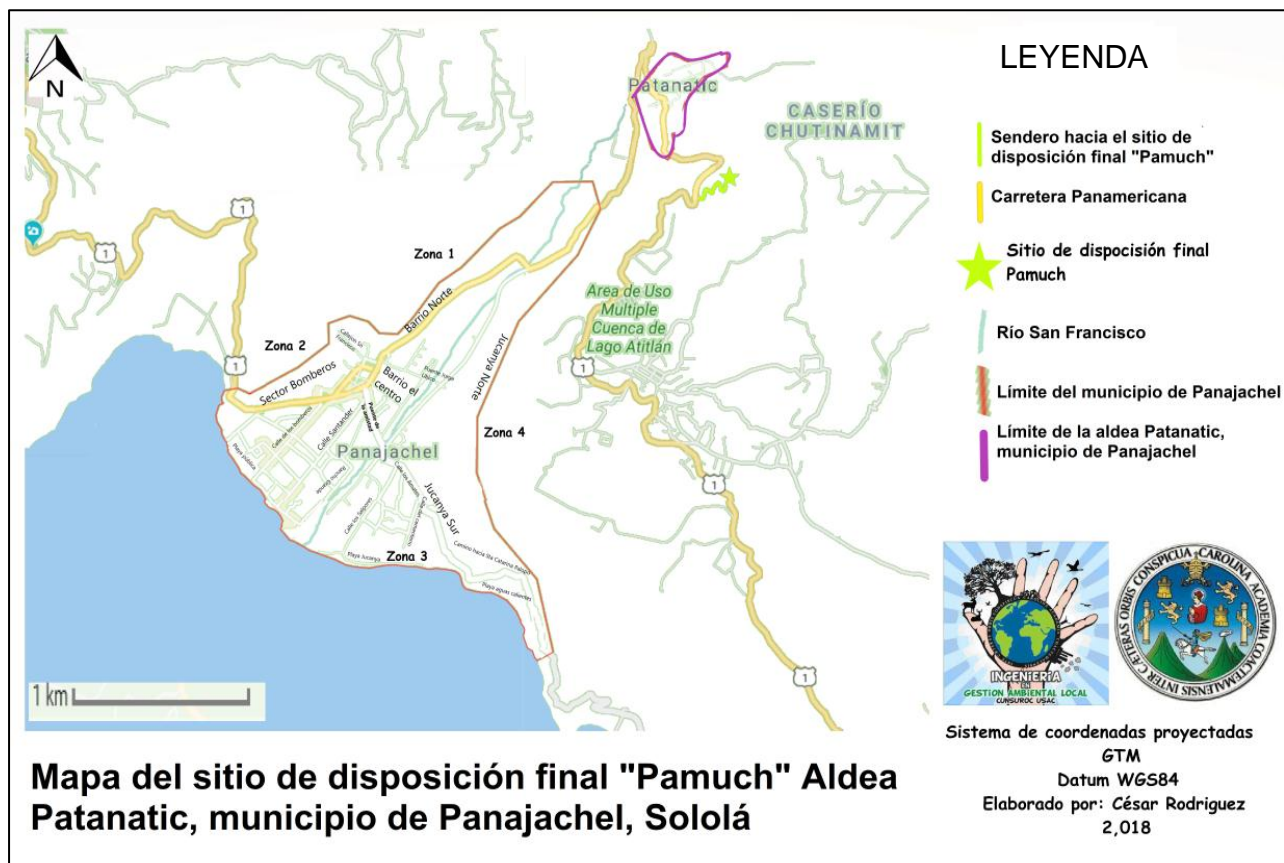


Figura No.3. Mapa del sitio de disposición final "Pamuch"

c. Compostera Coxom Argueta, Aldea Argueta, Municipio de Sololá, Sololá.

Para los residuos orgánicos optaron por un acuerdo interinstitucional con la municipalidad de Sololá en donde permitieron su ingreso en la compostera del municipio ubicada en la Aldea Argueta, municipio de Sololá.

La compostera de Coxom Argueta se encuentra a 34.2 kilómetros de distancia del casco urbano de Panajachel con las coordenadas $14^{\circ}48'05.4''N$ $91^{\circ}12'58.3''S$, pertenece a la municipalidad de Sololá y representa un gasto adicional en combustible para los vehículos de recolección del servicio, además del alquiler cobrado mensualmente por disponer de los residuos sólidos orgánicos del municipio.

Además del gasto ya mencionado se suma la pérdida del ingreso por venta de abono, ya que el producido en la Compostera de Coxom Argueta es propiedad de la municipalidad de Sololá. (Queche, S. 2,018)



Figura No.4. Mapa de la compostera "Coxom Argueta"



Figura No.5. Compostera “Coxom Argueta”, Sololá

A la izquierda de la figura No.5 muestra uno de los patios de secado que componen la compostera de Coxom Argueta, Sololá. También cuenta con cinco trabajadores que se encargan del volteo y movimiento del material orgánico.

A la derecha de la figura se muestra los trabajadores del servicio de recolección de Panajachel, descargando y acomodando los residuos orgánicos recolectados durante la jornada laboral.

d. Situación actual de la disposición final de Panajachel.

Durante el primer semestre del año 2,018 las autoridades municipales gestionaron la apertura de Pamuch, impulsados por la necesidad de disminuir costos y disponer de un sitio para los desechos sólidos.

Las autoridades y población de la aldea Patanatic consensuaron el ingreso de desechos inorgánicos no reciclables condicionados a tener planificación y manejo de lo ingresado al sitio.

Iniciando el mes de junio del año 2,018, el sitio de disposición final Pamuch funciona para disponer de los desechos inorgánicos no reciclables, los residuos inorgánicos reciclables son almacenados en el centro de acopio ubicado en calle “La Navidad” en el

casco urbano de Panajachel y los residuos orgánicos son aún transportados a la compostera en la aldea Argueta, Sololá. (Queche, S. 2,018)



Figura No.6. Sitio de disposición final Pamuch

En la figura No.6 se pueden apreciar dos momentos claves en el sitio, a la izquierda se muestra el lugar luego de siete meses de no ingresar debido a la clausura realizada por los pobladores y autoridades comunitarias de la Aldea Patanatic. Se visitó el sitio con fines de limpieza para habilitarlo y disponer de los desechos sólidos inorgánicos no reciclables.

A la derecha se muestra la compostera del sitio aun con material orgánico sin tratar, cuenta con cinco patios de secado techados.

La compostera que se encuentra dentro de Pamuch esta inhabilitada, las autoridades municipales hacen gestiones para llegar a un consenso con las autoridades de la aldea Patanatic para su funcionamiento.

3.3 Reglamento para el manejo integrado de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel

El reglamento fue publicado en el diario oficial de Centroamérica el 27 de enero del año 2017 cuenta con seis títulos, 12 capítulos y 151 artículos.

El reglamento para el manejo integrado de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, tiene por objeto desarrollar la competencia propia del municipio contenida en la literal a) del artículo 68 del Código Municipal relacionada con la recolección, tratamiento y disposición de residuos y desechos sólidos, limpieza y ornato.

Este reglamento establece que la Dirección de Gestión Ambiental Municipal (DIGAM) extenderá un documento que acredite el derecho de suscripción al futuro usuario del servicio; los encargados de velar por el cumplimiento del reglamento son las autoridades, funcionarios, así como los usuarios.

Dicho servicio tiene como fin propiciar las condiciones sanitarias en el municipio mediante la gestión integral, dentro de las categorías del servicio se encuentran: doméstico, comercial e industrial.

Las sanciones más importantes son: por incumplimiento de pago se iniciará el proceso administrativo y las multas irán desde Q. 50.00 a Q.500.00; por falta de autorización en la recuperación de desechos destinados al reciclaje se procederá a una llamada de atención por escrito y la inmediata suspensión de la autorización de ingreso al sitio de disposición final; por la disposición de residuos o desechos sólidos en vías escénicas o miradores las multas irán desde Q. 50.00 a Q.500.00.

Según el reglamento, el ente encargado de hacer válidas las multas a los infractores es la Dirección de Gestión Ambiental Municipal.

IV. MARCO CONCEPTUAL

4.1 Residuos y desechos sólidos

Es frecuente la confusión entre los residuos sólidos y desechos sólidos, por lo que cuando se refiere a desechos sólidos se trata del material o conjunto de materiales resultantes de cualquier proceso u operación que esté destinado al desuso, que no vaya a ser reutilizado, recuperado o reciclado. Según SNV (Servicio Holandés de Cooperación Técnica y Social) y HONDUPALMA (2011)

Reciben el nombre de residuos aquellos objetos que han dejado de desempeñar la función para la cual fueron creados, se considera que ya no sirven porque no cumplen su propósito original y por tal motivo, son eliminados. Sin embargo, éstos pueden ser aprovechados si se manejan de forma adecuada.

Básicamente la diferencia entre ambos conceptos radica en que todo material o resto que pueda ser nuevamente utilizado a través de un adecuado proceso de reciclaje se denomina residuo, éste se transforma en materia prima generando un beneficio económico y una protección al ambiente, mejorando la calidad de vida. Ahora bien, un desecho es un producto resultado de las actividades humanas que ya no tiene valor ni utilidad, y es llevado directamente a un botadero. (Zamora, J. 2013)

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2005), los residuos sólidos se dividen en desechos orgánicos (producto de la comercialización, el transporte, la elaboración de los alimentos y excedentes de comida y restos de material vegetal), papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables y desechos inorgánicos como vidrio, plástico, metales, y materiales inertes que provienen de actividades del ámbito doméstico, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios.

4.1.1 Residuos y desechos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales están compuestos por residuos orgánicos (producto de la comercialización, el transporte, la elaboración de los alimentos y excedentes de comida y restos de material vegetal), papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables e inorgánicos como vidrio, plástico, metales, y material inerte. (MARN, 2005).

Los desechos sólidos municipales provienen de las actividades que se desarrollan en el ámbito doméstico, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como de desechos industriales que no se derivan de sus procesos (envolturas, bolsas plásticas, papel higiénico y todo material que no tenga valor comercial).

Los desechos sólidos municipales provienen de operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, incluyendo los desechos de barrido de las calles, residuos de jardinería y vehículos abandonados. (Jaramillo, J. 1999)

4.1.2 Residuos y desechos sólidos domiciliarios

Los residuos sólidos domiciliarios comúnmente son llamados basura, por tratarse de materiales que aparentemente no se necesitan y son considerado inservibles. Sin embargo, esta noción ha cambiado y hoy se habla de residuos, por tratarse de subproductos que pueden adquirir valor en sí mismo a través de prácticas como el reciclaje. (Mackenzie, L; Susan J. 2005.).

Los desechos sólidos domiciliarios son los materiales provenientes de actividades comunes como higiene personal y consumo de productos con envoltorio.

Si los componentes de los residuos y desechos sólidos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de éstos se conoce como residuos sólidos domésticos no seleccionados. (Jaramillo, J. 1999)

4.1.3 Clasificación de los residuos y desechos sólidos por su origen

Existen diversas clasificaciones para los desechos sólidos basadas en su origen hasta las características existentes en su disposición final, así como los diferentes usos de los materiales, su biodegradación, combustión, reciclaje, entre otros. Todos estos factores intervienen en los criterios para su clasificación, es por esta razón que existen algunas discrepancias entre unas y otras clasificaciones. (Barradas, A. 2009)

a. Orgánicos

Una de las clasificaciones de residuos más reconocidas es la de residuos sólidos orgánicos, llamados así a los materiales residuales que en algún momento tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o se derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles. (Mackenzie, L; Susan J. 2005.)

Según Mackenzie, L. y Susan J. (2005), es un residuo de procedencia animal y vegetal que resulta del manejo, preparación, cocinado y servido de alimentos la mayor parte de materia orgánica degradable y húmeda. También tiene pequeñas cantidades de líquidos libres, esta clase de residuos se descompone con mayor rapidez en climas templados y puede producir pronto olores desagradables. Tiene cierto valor comercial como alimentos para animales o como base para abonos orgánicos.

b. Inorgánicos

Son desechos que fueron elaborados con material incapaz de descomponerse o que llevan un tiempo considerable en hacerlo, inclusive se deben someter a diferentes procesos industriales para que vuelvan a ser materiales utilizables. (Mackenzie, L. y Susan J. 2005).

Dentro de los desechos y residuos inorgánicos se pueden mencionar los plásticos, el vidrio y por supuesto los metales. (Fraume, N. 2008).

Otros materiales tienen el problema de ser compuestos en su elaboración con la mezcla de varios productos, lo que hace que sea muy difícil su reciclaje. Este tipo de

materiales, como los tetrabriks, acaban pasando al pilón de los desechos sólidos inorgánicos. (Fraume, N.; 2008).

Pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a. **Recuperables:** Son los residuos que pueden reciclarse y comercializarse, como por ejemplo: vidrios, plásticos, latas, alambres, entre otros. (Roldan, R. 2009).

- b. **No Recuperables:** No recuperables o comunes, son los desechos que no son degradados naturalmente, provienen de minerales y productos sintéticos, como por ejemplo: pañales desechables, empaques de galletas, bolsas plásticas, entre otros. (Roldan, R. 2009).

4.2 Gestión integral de residuos y desechos sólidos

La gestión integral es definida como la disciplina asociada al control del manejo de residuos y desechos (reducción de la fuente, reutilización, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final) de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, que responde a las expectativas públicas (Jaramillo, J. 1999).

La gestión debe ser ejecutada por la municipalidad, no solo deben tomar en cuenta los aspectos de sostenibilidad técnica o financiero-económica, como se hace tradicionalmente, sino que también incluye los aspectos socio-culturales, ambientales, institucionales y políticos que influyen en la sostenibilidad total del manejo de los desechos sólidos (Alvarado C; Elder, J. 2010).

El aspecto técnico incluye todas las etapas para desarrollar una adecuada gestión (generación y separación en la fuente, reducción, recolección, reutilización, transporte y transferencia, reciclaje, tratamiento y disposición final) (Alvarado C, Elder, J. 2010).

4.2.1 Generación

Es la primera actividad relacionada al proceso de gestión de residuos y desechos sólidos en sí, considerando esta actividad como la acción de producirlos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo, por medio de un generador, que puede ser una persona productora. (Fraume, N. 2008).

La generación de residuos y desechos sólidos es el indicador más importante para dimensionar la escala que deben tener los distintos servicios del manejo de los mismos y prever las dificultades que se encontrarán en los procesos. Es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de recolección y disposición final. (Fraume, N. 2008).

Parte de un manejo integral de desechos incluye la separación, esta puede ser primaria y secundaria, la primaria toma en cuenta la segregación de los residuos y desechos sólidos de manejo especial en orgánicos e inorgánicos, la separación secundaria segrega entre sí los residuos sólidos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles a ser valorizados, para posteriores procesos de reciclaje. (Barradas, A. 2009).

4.2.2 Recolección y transporte

La recolección de residuos y desechos sólidos es un proceso que se efectúa de diferentes formas. En Guatemala, existe la recolección domiciliar, donde una empresa privada o recolectores individuales pasan de puerta en puerta de las viviendas para recolectar sus desechos, ya sea con camión recolector o una carretilla, a un costo relativamente bajo, en algunos casos los días de recolección están establecidos. Este sistema cubre un mínimo porcentaje de la población, ya que los pobladores suelen encargarse de la recolección y disposición de sus propios desechos. (Fraume, N. 2008). En el estudio hecho por Campos, I. (2000), expone cómo se debe recolectar los residuos sólidos municipales en las calles, mediante una serie de sistemas y estaciones

de transferencias, haciendo las debidas recomendaciones para minimizar el impacto ambiental.

En esta etapa es necesario realizar muestreos y cálculos de volúmenes de desechos sólidos urbanos, Morales, J. (2000), realiza una serie de cálculos para la estimación de volúmenes de desechos que se pueden generar dentro de un sector, destacando en la formula producción diaria y semanal de la generación de desechos, así también otorga una opción de clasificación de basura dentro del domicilio por medio de clasificación en bolsas de colores y facilitar el transporte y disposición final.

4.2.3 Procesado y recuperación

En la recuperación de materiales las operaciones de separación han sido ideadas para rescatar recursos valiosos de los residuos y desechos sólidos mezclados, entregados a las estaciones de transferencia o plantas de procesado de desechos sólidos. (Tchobanoglous, G. 1999).

Éstas operaciones incluyen reducción de tamaño y separación de densidad mediante clasificadores de aire. Una posterior separación puede incluir dispositivos magnéticos para extraer hierro, separadores de corriente en contra flujo para aluminio y mallas para vidrio. También pueden ser reusadas: la flotación, separación por inercia, y otras operaciones unitarias de la industria metalúrgica. (Tchobanoglous, G. 1999).

La selección de cualquier proceso de recuperación es una función económica costo de separación versus valor de los materiales recuperados o productos debido a que los precios fluctúan ampliamente. En cualquier análisis económico se deben considerar estimativos de los precios máximos y mínimos. (Eliassen, R. 1999).

4.2.4 Disposición final

Es la última etapa operacional en el sistema de gestión de residuos y desechos sólidos. La disposición final de residuos y desechos sólidos, es el último destino de los materiales, bien sean desechos urbanos recogidos y transportados directamente al

lugar de descarga, o materiales residuales de instalaciones de recuperación o rechazos de la combustión de residuos sólidos o compost u otras sustancias de diferentes instalaciones de procesamiento de residuos sólidos. (Jaramillo, J. 1999).

Los vertederos municipales, provinciales, locales, los diferentes tipos de relleno sanitarios, plantas de tratamiento y de recuperación. Todas estas instalaciones deben contar con las condiciones higiénico – sanitarias, ambientales, de protección y seguridad. (Betancourt, L; Pichs, L. 2004)

Los residuos y desechos sólidos no recolectados se constituyen en uno de los grandes factores que ejercen presión al ambiente. Los mismos suelen alimentar los basureros clandestinos tanto del área rural como urbana, aunque una buena proporción de los hogares posee el hábito de quemarla o enterrarla. Estos últimos fenómenos suceden con mayor frecuencia en el ámbito rural, en donde mayores extensiones de superficie y la dispersión de las viviendas son propiciadoras de éstas prácticas. (Fraume, N. 2008).

4.2.5 Tratamiento de los residuos y desechos sólidos

De acuerdo con Barradas, A. (2009). Los residuos y desechos sólidos municipales deben ser tratados de la siguiente manera:

a. Orgánicos:

Éstos pueden ser sometidos a dos clases de procesos:

- **Anaerobio**

Es un proceso biológico acelerado artificialmente, que tiene lugar en condiciones muy pobres de oxígeno o en su ausencia total, sobre substratos orgánicos. Como resultado se obtiene una mezcla de gases formada por un 99% de metano y dióxido de carbono y un 1% de amoníaco y ácido sulfhídrico. El gas combustible, metano, permite obtener energía.

- **Aerobio**

El compostaje es la transformación biológica de la materia orgánica en productos húmicos conocidos como compost y que se emplean como fertilizante. Se realiza en presencia de oxígeno y en condiciones de humedad, pH y temperatura controladas.

El compost se puede obtener a partir de dos tipos de materiales, residuos domésticos y de jardín, en el primer caso es preciso haber separado previamente la materia orgánica para que no presente ninguna clase de impurezas ni lleve restos de medicinas, sustancias tóxicas, etc.

En primer lugar se procede a su molido y después se dispone en hileras de dos metros y medio a cielo abierto. Los montones son volteados periódicamente con el fin de facilitar la oxigenación y evitar su fermentación anaerobia. El volteo llega a hacerse hasta dos veces por semana mientras la temperatura se mantiene alrededor de 55°C y el grado de humedad de la hilera es de entre el 50% y el 60%.

A partir del tercer volteo la temperatura se mantiene en los 25°C indicando que ya ha finalizado la fermentación. Esto ocurre transcurridas tres o cuatro semanas.

Después se deja otro período equivalente para que se cure para luego proceder a su afino, para retirar cualquier clase de resto (partículas metálicas, trozos de vidrio, etc.) que pudiera haber quedado.

Existen otras variantes a cielo abierto como la pila estática aireada. Por último se han desarrollado sistemas a cubierto con el fin de optimizar el proceso y sobre todo evitar malos olores.

b. Inorgánicos

- **Recuperable**

Éstos son tratados mediante el proceso de reciclaje, donde los materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materiales primas.

Los objetivos del reciclaje son:

1. Conservación o ahorro de energía.
2. Ahorro de recursos naturales.
3. Disminución del volumen de residuos que llegan al relleno sanitario.
4. Disminución de contaminación.
5. Alargar la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos.

El reciclaje permite ahorrar recursos, disminuir la contaminación, alargar la vida de los materiales, ahorrar energía, evitar la deforestación, reducir el 80% del espacio que ocupan los desperdicios al convertirse en basura, ayudar a que sea más fácil la recolección, tratar de no producir toneladas de basura diariamente que terminan sepultadas en rellenos sanitarios.

- **No recuperable**

Son los materiales sobrantes de la construcción y la demolición, piedras, escombros, tierras, cenizas, entre otros. (Secretaría de Desarrollo Social, 2005)

Los desechos inertes pueden utilizarse para relleno de algún área específica, en caso contrario van directamente al relleno sanitario. (Secretaría de Desarrollo Social, 2005)

4.3 Cobertura del servicio a nivel municipal

4.3.1 Cálculo de la cobertura del servicio

Según el MARN (2005), el indicador de cobertura de servicio mide en forma de porcentaje la relación que existe entre la cantidad de población con alguna forma de servicio de recolección de basura y la población urbana total.

El mismo precisa el porcentaje de sectores o zonas que cuentan con los servicios de recolección, barrido, transferencia y disposición final. (MARN, 2005).

De acuerdo con el MARN (2005). La fórmula utilizada para el cálculo de la cobertura de recolección es la siguiente: $Cr = ((V_{ser} * H_{pro}) / T_{hu}) * 100\%$

Dónde:

Cr = Cobertura de recolección de desechos sólidos.

Vser = Número de viviendas con servicio.

Hpro = Número de habitantes por vivienda.

Thu = Población urbana total.

4.4 Legislación municipal en desechos sólidos

Cuadro 2. Leyes y normas que rigen actividades con desechos sólidos

Ley	Decreto	Responsable	Aplicación
Código Civil	Decreto de ley 106 del Congreso de la República de Guatemala.	De observancia general.	Sancionar por arrojar basura en las calles o sitios públicos, fuentes o abrevaderos.
Código Municipal	Decreto 12- 2002	Municipalidades del país	Asigna la principal responsabilidad por la buena gestión de los desechos sólidos a las municipalidades
Código de Salud	Decreto 90-97	Ministerio de Salud	Salud En la sección IV capítulo IV regula todo lo relativo al manejo de los desechos sólidos
Consejo Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos	Acuerdo gubernativo 700-97	Ministerio de ambiente y recursos naturales, ministerio de salud, INFOM, USAC, INGUAT, AMSA y SEGEPLAN	Comisión interinstitucional de carácter asesor al ministerio en materia de gestión de los desechos sólidos
Decreto 1004 del Congreso de la República	Decreto 1004 del Congreso de la República	Ministerio de Agricultura	Prohibición de descargar aguas servidas, sustancias vegetales o químicas y desechos en los ríos o lagos.
Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente	Decreto 68-86	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	Exige las evaluaciones de Impacto ambiental para las actividades productivas y vela por la localidad ambiental a nivel nacional.

Fuente: Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente (URL) 2002

El cumplimiento de estas leyes para la debida manipulación de los desechos sólidos es esencial para el logro del desarrollo municipal, porque contribuye a mejorar el medio ambiente, lo que traerá como beneficio la apertura de turismo, además de contar con una empresa sostenible municipal para aumentar la recaudación de ingresos propios del gobierno local.

4.5 Optimización del tren de aseo

La caracterización del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos esta en función de determinar las cualidades de las rutas del servicio y así proponer un sistema eficiente en recursos humanos y financieros.

4.5.1 Frecuencia de recolección

La frecuencia de recolección está en función de la producción por habitante, el clima, la capacidad del servicio y la convivencia en comunidad. En primera instancia se puede pensar que la frecuencia está determinada básicamente en función del periodo durante el cual los residuos pueden permanecer almacenados en los locales donde son generados, sin producir descomposición.

El desarrollo de la recolección hace jugar un papel muy importante al clima y es eminentemente sanitario, pues evita la proliferación de moscas y otros insectos roedores. Además, si la recolección es frecuente los depósitos utilizados son más pequeños en capacidad, disminuyendo apreciablemente el rendimiento en la recolección. (Tafur, J. 2007)

4.5.2 Alternativas de frecuencia

a. Diaria

Es una frecuencia costosa, aunque protege el aspecto sanitario adecuadamente. Generalmente se hace durante 6 días a la semana exceptuándose los domingos. Por consiguiente hay sobre carga los días lunes. (Secretaría de Desarrollo Social, 2005)

b. Interdiaria

También se puede considerar como frecuencia de tres veces a la semana. En esta alternativa generalmente no se trabaja los domingos. Otra variante de esta frecuencia consiste en recolectar basura durante 12 horas seguidas y la cuadrilla descansa las siguientes 36 horas, incluyendo los domingos en los turnos.

c. Dos veces por semana

Esta clase de frecuencia es muy utilizada en América Latina. Es la que mejores resultados ha arrojado especialmente en la zona residencial. En ella tampoco se trabaja los domingos por lo que hay que prever un recargo en una de las dos recolecciones semanales. (Tafur, J. 2007)

d. Una vez por semana

Este tipo de frecuencia, si bien su empleo puede causar problemas con basuras que contienen alta composición de materia putrescible, es muy aplicable cuando los componentes son cenizas, desechos no combustibles y combustibles, basura combinada y material inerte (Márquez, J. 2010)

4.5.3 Rendimiento de la recolección

En este factor la producción y el tiempo para la recolección determinan el tamaño de la zona por recolectar. Se utilizan varias medidas para definir este parámetro, las cuales se indican a continuación:

- **(Hombre-Minuto/Tonelada)** Este parámetro se refiere al número de personas que en un lapso de tiempo recolectan una cantidad de desechos sólidos expresada en toneladas, ejemplo: 2 hombres-60minutos/0.5 toneladas.
- **(Tonelada/Minuto)** Indica cuantas toneladas de desechos sólidos se recolectan por minuto, ejemplo: 0.25 toneladas/60 minutos.
- **(Metro cúbico/Minuto)** Indica cuantos metros cúbicos (m^3) de desechos sólidos son recolectados por minuto, ejemplo: 1 m^3 /80 minutos. (Tafur, J. 2007)

Es evidente que el rendimiento en la recolección dependerá de.

a. Tipo de equipo

En general son mucho más eficientes los equipos de cargue trasero con compactación y menos los equipos abiertos con alturas de cargue mayores de 1.50 metros.

b. Mantenimiento del equipo

Un buen mantenimiento evitara pérdidas de tiempo en la recolección aumentando así el rendimiento. (Tafur, J. 2007)

c. Frecuencia de recolección

A mayor frecuencia los tiempos serán los mismos para recoger menor cantidad de basura. El número de hombres en la cuadrilla no aumenta proporcionalmente con este y lógicamente, cuando el número de hombres es mayor, decrece la cantidad de desechos por recolectar de cada uno. En la información de rendimiento generalmente se indica el número de hombres en la cuadrilla, el cual no debe incluir al conductor.

d. De los métodos de recolección

La velocidad de recolección será mayor recogiendo la basura de las aceras de las casas que en los patios. Igualmente la velocidad aumenta cuando los recipientes pueden disponerse con la basura como es el caso de las bolsas de plástico o cuando son de tal tamaño que pueden ser manejados sin dificultad por un hombre. (Márquez, J. 2010)

e. Horarios

El horario está relacionado con la duración de la jornada de trabajo. El diurno presenta la ventaja de su menor costo pero la desventaja que hay mayor tráfico vehicular; el horario nocturno presenta la ventaja del clima más benigno en zonas cálidas y menor tráfico, pero las desventajas del mayor costo y del ruido al manejar los recipientes,

además afea la ciudad los depósitos de la basura deben permanecer toda la noche en el exterior de la vivienda o local.

f. Cuadrillas

Según Tafur, J. (2007) el rendimiento de la recolección depende del número de hombres de la cuadrilla de recolección. Todas las cuadrillas se deben plantear con el conductor excluido. Las cuadrillas pueden ser:

- **Con un hombre**

La experiencia indica que rendimiento es bajo por que hace detener frecuentemente al vehículo recolector. (Márquez, J. 2010)

- **Con dos hombres**

Dependiendo del clima, la topografía y la cantidad de basura a recoger, estas cuadrillas pueden variar ligeramente el rendimiento; en zonas normales este puede ser del orden de los 50 minutos/tonelada. (Márquez, J. 2010)

- **Con tres hombres**

En algunos lugares refuerzan la cuadrilla de dos hombres con un tercero para que este ayude cuando hay mayor carga. Aunque la filosofía es buena, se debe tener cuidado porque algunos lugares lo que se ha podido observar que trabajan dos hombres y descansa uno, lo que hace bajar el rendimiento.

- **Con cuatro hombres**

De igual manera que con dos hombres el rendimiento de esta cuadrilla depende del clima, la topografía y la cantidad de basura a recoger; en condiciones normales el rendimiento para estas cuadrillas puede ser del orden de 25 minutos/tonelada. (Tafur, J. 2007)

g. Equipo de recolección

Los vehículos transportadores pueden ser de tracción animal para pueblos pequeños. Para poblaciones mayores se pueden utilizar volquetas, tractores con vagones o carros compactadores de diferentes capacidades. (Márquez, J. 2010)

- **Huella de Carbono**

La Huella de Carbono definida en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases. (López, N; Sarabia A. 2012)

Para los vehículos de recolección la huella de carbono es cuantificada mediante el consumo de gasolina, debido a que existen valores determinados de dióxido de carbono (CO₂) emitido a la atmósfera por cada litro de gasolina consumido.

La fórmula para calcular la Huella de Carbono en vehículos de recolección según López, N; Sarabia A. (2012) es la siguiente:

$$\text{Huella de carbono} = L \times Fe$$

Dónde:

L= litros de combustible consumidos

Fe= Factor de emisión de CO₂

Factores de emisión de CO₂: Gasolina= 2,196 kg CO₂/l Diésel= 2,471 kg CO₂/l

4.5.4 Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios.

Según (Tchobanoglous, G. 1999); para establecer las necesidades de vehículos y mano de obra para varios sistemas y métodos de recolección, se debe determinar la unidad

de tiempo necesaria para realizar cada tarea. Separando las actividades de la recolección en operaciones unitarias es posible:

- 1) Desarrollar datos de diseño y relaciones que se puedan usar universalmente
- 2) Evaluar las variables asociadas con las actividades de recolección y las variables relacionadas o controladas por el lugar en particular

4.5.5 Ruta de recolección

Según Tchobanoglous 1999, algunos de los factores a tomar en cuenta en rutas son:.

1. Se deben coordinar condiciones existentes del sistema como tamaño de la cuadrilla y el tipo de los vehículos.
3. Siempre que sea posible, se deben trazar las rutas de manera que empiecen y terminen cerca de vías arterias
4. En áreas montañosas, las rutas deben empezar en la parte más alta y continuar hacia abajo a medida que se carga el camión.
5. Las rutas se deben trazar de manera que el último recipiente a ser recolectado sobre la ruta sea el más cercano al lugar de disposición.
6. Los desechos producidos en lugares congestionados por el tráfico se deben recolectar tan temprano como sea posible.
7. Las fuentes en las cuales se produzcan cantidades extremadamente grandes de desechos deben ser atendidos durante la primera parte del día.
8. Los lugares dispersos de recolección donde se producen pequeñas cantidades de desechos sólidos que reciben la misma frecuencia de recolección, deben si es posible, ser atendidos durante un viaje en el mismo día.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

El siguiente cuadro muestra un resumen detallado de los materiales utilizados durante la investigación y el patrocinador de estos, si es el caso.

Cuadro 3. Materiales utilizados para la caracterización del servicio.

No.	Materiales	Cantidad	Costo	Colaboradores
1	Libreta de campo	1	Q.5.00	Estudiante epesista
2	Lápiz	2	Q3.00	Estudiante epesista
3	Botas de hule	1 par	Q.75.00	Estudiante epesista
4	Guantes de hule	5 pares	Q. 65.00	Estudiante epesista
5	Mascarilla	5	Q.55.00	Estudiante epesista
6	Cinta métrica	1	Q.75.00	Estudiante epesista
7	Documentos consultados	-	-	Municipalidad de Panajachel
8	Transporte	2	Q.70.00	Estudiante epesista
9	Almuerzo	20	Q.400.00	Empleados del tren de aseo
10	Computadora	1	Q.3800.00	Estudiante epesista
11	Cámara fotográfica	-	N/A	Estudiante epesista
		Total	Q.4,548.00	

Nota. El símbolo (N/A) significa que No Aplica, esto debido a que el estudiante que realizó la investigación posee el equipo (no debe adquirirlo), o la institución se lo proporcionó sin ningún costo.

5.2 Recursos humanos

En el siguiente cuadro se detallan la función y la capacidad técnica de los recursos humanos presentes en el desarrollo de la investigación

Cuadro 4. Recurso humano de la investigación

No.	Cantidad	Capacidad técnica	Función
1	1	Epesista de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local	Planificó, investigó, ejecutó y evaluó la metodología de la investigación.
2	1	Encargada de la oficina de DIGAM	Apoyó en gestión de aprobación de permisos en espacios municipales.
3	4	Conductores de vehículo recolector	Condujeron los vehículos recolectores del servicio de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos.
4	13	Recolectores de residuos y desechos sólidos domiciliarios	Recolectaron los desechos y residuos sólidos comerciales y domiciliarios del casco urbano del municipio de Panajachel.
5	1	Asesora de Ejercicio profesional supervisado	Guió y resolvió dudas durante el período de investigación.

5.3 Recursos financieros

La investigación fue subsidiada en un 91% por el estudiante y un 9% por el servicio de tren de aseo municipal de Panajachel, Sololá.

5.4 Métodos

5.4.1 Caracterización de rutas

La caracterización de rutas proporcionó datos de tiempo, distancias y datos financieros que se utilizaron para formular las propuestas de recorridos, recolección y disposición final.

i. Se realizó un acompañamiento durante una semana por cada ruta recolectando residuos y desechos sólidos los días de lunes a sábado, (la ruta uno, dos y cuatro descansó los jueves y la ruta tres descansó los viernes).

La ruta uno inició labores a las 4:00 am ya que es la responsable de los desechos provenientes del mercado, las demás comenzaron su recorrido a las 6:00 am.

A partir de esto se recolectaron características de cada ruta para utilizarlas en las propuestas realizadas.

- Número de viajes al sitio de disposición final
- Lapsos de recorrido a los sitios de disposición final
- Lapsos en ruta de recolección
- Tiempo en descarga de desechos
- Total de horas trabajadas
- Kilogramos recolectados por cada trabajador
- Kilómetros recorridos del vehículo

Para calcular los kilogramos de desechos sólidos recolectados por trabajador:

- Se determinó las dimensiones de la caja de carga de cada vehículo
- Antes de descargar los desechos se midió la altura y el área de estos dentro del vehículo.
- Se sumó el volumen de desechos recolectados durante el día
- Se convirtió en kilogramos multiplicando el volumen resultante por la densidad de desechos sólidos determinada por PROATITLAN.
- El total de kilogramos recolectados se dividió entre el número de trabajadores de la ruta y así se obtuvo el resultado

Para determinar los kilómetros recorridos:

- Antes de iniciar la labor del día se anotó el kilometraje del vehículo.
- Al culminar la ruta y el vehículo ya en el garaje se anotó el kilometraje.
- Se restó el kilometraje final con el de inicio del día y así se obtiene los kilómetros recorridos.
- Se realizó este procedimiento durante todos los días de recolección en cada ruta.

5.4.2 Evaluación de los vehículos para recolección

La evaluación de los vehículos para recolección tiene como objetivo indicar si se debe de adquirir más vehículos o disminuir el número de los que funcionan actualmente.

i. Para el cálculo del número de vehículos de necesarios, se desarrollaron los siguientes procesos con las formas planteadas por (López, N; Sarabia A. 2012)

- Se anotó el número de viajes de recolección realizados durante la semana por ruta.
- Se determinó la cantidad de desechos recolectados durante la semana por cada ruta.
- Se investigó la capacidad de carga de cada vehículo de ruta en las fichas técnicas proporcionadas por la municipalidad.

Se aplicó la siguiente formula:

$$N = \frac{W}{nC}$$

López, N; Sarabia A. (2012)

N= Número de vehículos de recolección necesarios con relación al total de desechos por recolectar.

W = Cantidad de basura a recoger, en toneladas o metros cúbicos, por semana.

n = Número de viajes de recolección, por semana, de cada vehículo, un numero entero.

C = capacidad de cada vehículo, en toneladas o metros cúbicos.

ii. Para el cálculo de vehículos necesarios en relación del tiempo disponible se realizó los siguientes procesos:

- Se determinó el rendimiento de recolección realizando la división de los minutos trabajados por jornada en recolección y el peso en kilogramos de los desechos recolectados al día dando un resultado con dimensión min/kg
- Se midió con ayuda del cronómetro el lapso de traslados en minutos de: del garaje a la primera ruta de recolección, de la ruta de recolección al sitio de disposición final, la descarga en el sitio, del sitio a la ruta de recolección y del sitio al garaje. (todos los datos promediados durante el día)
- Se aplicó la siguiente fórmula de López, N; Sarabia A. (2012)

$$N = \frac{R * W}{T - T1 - (n * T2) - (n * T3) - (n - 1) * T4 - T5}$$

Dónde:

N= Número de vehículos de recolección necesarios con relación al tiempo disponible.

n= Número de viajes de recolección de cada vehículo por semana, un número entero.

T= tiempo disponible total descontando los tiempos de descanso.

T1 = tiempo recorrido del garaje a la primera ruta de recolección, en minutos.

T2 = tiempo recorrido de la ruta de recolección al sitio de disposición final, en minutos.

T3 = tiempo de descarga en la disposición final, en minutos.

T4 = tiempo del recorrido de la disposición final a la ruta de recolección, en minutos.

T5 = tiempo del recorrido de la disposición final al garaje, en minutos.

R = rendimiento de la recolección en minutos kgrecolectado/minuto.

iii. Para el cálculo de los tiempos disponibles por jornada laboral se realizaron los siguientes procesos:

- Con ayuda de cronometro se midió tiempos en recorridos.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$T = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$$

Fuente: (López, N; Sarabia A. 2012)

Dónde:

T= tiempo disponible total descontando los tiempos de descanso

t0 = tiempo en el garaje desde que se enciende el vehículo recolector antes de salir a ruta.

t1 = tiempo recorrido del garaje a la primera recolección.

t2 = tiempo de primera recolección

t3 = tiempo recorrido de la primera recolección al sitio de disposición final.

t4 = tiempo de descarga en el sitio de disposición final incluyendo esperas.

t5 = tiempo recorrido del sitio de disposición final a la segunda recolección.

t6 = tiempo de segunda recolección.

t7 = tiempo recorrido de la segunda recolección al sitio de disposición final.

t8 = tiempo recorrido del sitio de disposición final al garaje.

iv. Cálculo de la huella de carbono generada por los vehículos del servicio de recolección.

El cálculo de la huella de carbono generada por los vehículos se desarrolló con la intención de reducir la producción de dióxido de carbono (CO₂) del tren de aseo.

Se calculó utilizando el método convencional que consiste en:

- Se tuvo conocimiento de los litros de gasolina consumidos en el recorrido del vehículo del servicio de recolección por cada ruta.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = L \times Fe$$

Fuente: (López, N; Sarabia A. 2012)

Dónde:

L= litros de combustible consumidos

Fe= Factor de emisión de CO₂

Factores de emisión de CO₂: Gasolina= 2,196 kg CO₂/l Diésel= 2,471 kg CO₂/l (López, N; Sarabia A. 2012)

5.4.3 Identificación de la cobertura actual del servicio de residuos y desechos sólidos municipales.

Para el cálculo de la cobertura actual del servicio se desarrollaron los siguientes procesos:

1. Se aplicó la siguiente fórmula para determinar la cobertura actual del servicio:

$$Cr = \frac{V_{ser} \times H_{pro}}{Th_u} \times 100\%$$

Fuente: MARN (2006)

Dónde:

Cr = Cobertura de recolección de desechos sólidos.

Vser = Número de viviendas con servicio.

Hpro = Número de habitantes por vivienda.

Thu = Población urbana total.

5.4.4 Determinación de la salud y seguridad ocupacional adecuada para el personal

- i. Se evaluó posibles riesgos a la salud y situaciones propensas a provocar lesiones
- ii. Se realizó una entrevista para los trabajadores del servicio de recolección (Ver anexo 3, página 66)
- iii. Se investigó accidentes, lesiones, riesgos y enfermedades en trabajadores del servicio durante el tiempo que llevan laborando en la recolección de desechos.
- iv. Se evaluaron riesgos a la salud durante la labor por medio de una lista de chequeo. (Ver anexo 2, página 65)
- v. Se determinó el equipo de protección, medidas de precaución y resguardos de salud que deberían de tener los trabajadores para contar con salud y seguridad ocupacional (SSO) adecuada.
- vi. Con los datos de la metodología aplicada anteriormente se realizó una propuesta para tener una SSO adecuada.

5.4.5 Propuesta de servicio de recolección y transporte óptimo en base a aspectos técnicos e información generada en el campo.

Las propuestas de rutas, recorridos, vehículos y disposición final para el servicio de recolección se realizaron con base en los datos obtenidos en campo y las perspectivas técnicas correspondientes:

i. Fase de recolección y transporte.

- Se identificaron las deficiencias en el campo con la caracterización y evaluación de los vehículos.
- Se calcularon los costos de las mejoras a incorporar en la fase antes mencionada y los beneficios a largo plazo de las mismas.
- Se realizó una tabla adjuntando costos de herramientas y sueldos para demostrar la inversión de la propuesta en dinero.
- Se realizó un mapa de las rutas en conjunto con puntos estratégicos para poner depósitos de basura.
- Se redactó un cuadro demostrando ahorros en dinero realizando los cambios sugeridos y se calculó la tasa interna de retorno para determinar los meses en que se cubriría la inversión total.
- La tasa interna de retorno o TIR es la tasa de rentabilidad que ofrece una inversión, para calcularla se divide el gasto anual de la inversión entre el ahorro anual en la propuesta. El resultado se convierte en meses teniendo la relación $1=12$ meses.

ii. Fase de tratamiento y disposición final:

- Para la identificación de mejoras en esta fase se recopilaron los datos obtenidos y se realizaron recorridos evaluando aspectos en dicha fase.
- Se redactó una lista enumerando las mejoras a realizar en la disposición final
- Se realizó un cuadro demostrando el ahorro en dinero realizando los cambios a la fase de tratamiento y disposición final

VI. RESULTADO Y DISCUSIÓN

6.1 Caracterización de las rutas de recolección de residuos y desechos sólidos.

Los datos producto de la caracterización se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Caracterización de las rutas de recolección y transporte con datos semanales

Ruta	En Kilogramos (kg)	No. de viajes al sitio de disposición final	Lapsos de recorridos a los sitios de disposición final h:m:seg	Lapso en ruta de recolección a la semana h:m:seg	Lapso en descarga de desechos h:m:seg	Total horas trabajada h:m:seg	Rendimiento de recolección kg/trabajador /jornada	kilómetros recorridos
Ruta 1	13,881.40	15	19:03:40	14:28:39	3:45:17	43:38:47	3470.40	600.40
Ruta 2	10,409.40	11	13:26:32	20:15:12	3:25:52	41:49:54	2602.40	387.60
Ruta 3	15,092.00	11	12:14:38	28:23:31	3:20:18	47:10:15	5030.70	266.01
Ruta 4	15,816.90	9	11:25:26	25:48:59	4:27:16	43:34:07	3163.40	372.40

El servicio de tren de aseo recolecta 55,199.70 kg de desechos sólidos, realiza 46 traslados al sitio de disposición final, labora alrededor de 176 horas y recorre 1,626.41 km en total por las cuatro rutas a la semana.

La caracterización de las cuatro rutas de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos demuestra que el servicio puede ser funcional con relación a los factores de tiempo disponible y la cantidad de desechos a recolectar, sin realizar compras de vehículos.

El peso y volumen de desechos sólidos recolectados son similares entre las rutas, la diferencia se presenta en función de las horas trabajadas a la semana, los recorridos hacia disposición final, tiempos en ruta de recolección y el rendimiento de cada trabajador.

Se necesitan cambios que no requieren de una inversión financiera grande. Son necesarias la planificación y administración adecuada del recurso humano, la recuperación de la Compostera "Pamuch", mantenimiento continuo de vehículos y

seguimiento a la salud y seguridad ocupacional (SSO). Estos cambios generarían impactos positivos como: reducción en pago de horas extra, disminución de consumo de gasolina en vehículos, cumplimiento de rutas de recolección en el día, horario laboral de ocho horas diarias y beneficios ambientales como disminución de huella de carbono y erradicación de basureros clandestinos.

6.1.1 Evaluación de vehículos de recolección

a. Número de vehículos de recolección necesarios

Para calcular el número de equipos necesarios se utilizaron los siguientes datos:

Cuadro 6. Evaluación de vehículos necesarios

Número de ruta	Cantidad de basura a recolectar (kg)	Número de viajes de recolección por semana	Capacidad de carga del vehículo (kg)	Número de vehículos necesarios
Ruta 1	13881.40	15	1560.00	0.6
Ruta 2	10409.40	11	1560.00	0.6
Ruta 3	15092.00	11	18143.00	0.1
Ruta 4	15816.90	9	2500.00	0.7

Le evaluación muestra el número de equipos necesarios en relación a la capacidad de carga de cada vehículo y los desechos sólidos a recolectar semanalmente, en donde si el resultado es uno el vehículo es el adecuado, si es mayor a uno se necesita un vehículo con mayor capacidad de carga.

El vehículo de la ruta tres podría transportar 10 veces más carga que la actual ya que el camión está diseñado para transportar materiales de construcción (modelo Ford L9000), en las otras rutas utilizan camiones para cargas más livianas (modelo Kia K3000) .

Aunque la capacidad de cada vehículo es suficiente para transportar más kilogramos de desechos sólidos en los traslados de recolección el impedimento es el volumen (m³), debido a las cajas de carga abiertas.

Al construir una caja de carga cerrada en cada uno de los vehículos se podría trasladar mayor cantidad de desechos y así realizar menos traslados al sitio de disposición final.

Cuadro 7. Evaluación del número de vehículos de recolección necesarios

Número de ruta	Rendimiento de recolección (min trabajados/kg recolectado)	Cantidad de basura a recolectar (kg)	Minutos disponibles por jornada	Número de vehículos necesarios
Ruta 1	0.063	2776.28	170	1.02
Ruta 2	0.117	2081.88	237.4	1.02
Ruta 3	0.113	3018.4	223.8	1.52
Ruta 4	0.098	3163.38	293.4	1.06

El cuadro No.7 muestra el número de vehículos de recolección necesarios en relación al factor de tiempo disponible por jornada.

El resultado de número de vehículos para cada ruta excede la unidad, ya que en la recolección actual se necesitan más de ocho horas diarias de labor para completar la

b. Evaluación de la huella de carbono del vehículo de recolección

Cuadro 8. Huella de carbono de vehículos del servicio de recolección de desechos

Numero de ruta	Litros de diésel consumidos	Factor de emisión	CO ₂ emitido kg/mes	CO ₂ emitido/año toneladas
Ruta 1	624.80	2,471 kg CO ₂ /l	1543.85	18.53
Ruta 2	336.50	2,471 kg CO ₂ /l	831.40	9.98
Ruta 3	628.70	2,471 kg CO ₂ /l	1553.56	18.64
Ruta 4	519.70	2,471 kg CO ₂ /l	1284.12	15.41
Total toneladas CO₂ emitidas al año				62.56

La huella de carbono representa el CO₂ emitido a la atmósfera generada por medio del consumo de gasolina diésel de los vehículos del servicio, debido a los recorridos que realizan diariamente en la recolección y traslados hacia la disposición final.

c. Cálculo del tiempo disponible por jornada laboral

Cuadro 9. Tiempos totales en traslados

Número de ruta	Datos en minutos										Tiempo total en horas
	En garaje antes de salir a recolección	Del garaje a la primera recolección	Tiempo de primera recolección	De primera recolección a disposición final	Primera descarga de desechos	De disposición final a segunda recolección	Tiempo de segunda recolección	De segunda recolección a disposición final	Segunda descarga de desechos	De disposición final al garaje	
Ruta 1	14	3	174	38	27	38	115	38	27	38	8:32:00
Ruta 2	15	4	200	37	34	37	60	37	34	38	8:16:00
Ruta 3	16	8	275	43	27	43	65	43	27	45	9:52:00
Ruta 4	15	2	180	36	30	36	120	36	30	37	8:42:00

El tiempo requerido va en relación a la evaluación previa realizada (ver cuadro No.7, pagina 43) del número de vehículos necesarios con respecto al tiempo disponible, en donde el resultado demuestra que todas las rutas necesitan más de 8 horas diarias para completar la labor.

Todas las rutas que forman parte del servicio realizan horas extras diariamente para completar la labor, lo que deriva en cansancio a recolectores y pagos extra para la municipalidad.

El lapso en recorridos hacia la Compostera “Coxom Argueta” es uno de los factores que más contribuyen a que la jornada sea extensa, pues se recorren 68.40 kilómetros cada vez que se viajan al sitio, en promedio se visita de cinco a seis veces por semana los días de recolección de desechos orgánicos (lunes, jueves y sábado).

6.2 Identificación de la cobertura actual del servicio de residuos y desechos sólidos municipales.

La forma convencional del cálculo de la cobertura actual del servicio de residuos y desechos sólidos municipales se realiza por medio de una fórmula con los datos de los usuarios del servicio. Aunque en Panajachel no todos los pobladores pagan por el servicio si lo utilizan, ya que el recolector recoge indistintamente los desechos de todos los habitantes. Por lo que usar datos de usuarios inscritos no representaría realmente la cobertura del servicio.

Según los datos recolectados en la caracterización se constató que el servicio recorre los cinco sectores del casco urbano del municipio (Sector Bomberos, Barrio Norte, Tzanjuyú, Jucanyá Norte y Jucanyá Sur) por lo que tiene una cobertura del 100% en el casco urbano.

El servicio no cubre el área rural del municipio conformada por la aldea Patanatic, debido a que ninguno de sus habitantes está dispuesto a pagar la cuota respectiva (Q6.00 mensuales), Según Proatitlán (2017) las familias en el área rural del municipio ascienden a 1,633 mientras en el casco urbano habitan 2000 familias.

Se determina entonces que la cobertura del servicio a nivel municipal (incluyendo el área rural) es del 55% del total de familias.

6.3 Determinación de la salud y seguridad ocupacional adecuada para el persona

En la actualidad la municipalidad de Panajachel, no cuenta con un seguimiento de salud y seguridad ocupacional de los trabajadores del servicio de recolección, tampoco con la persona encargada de la supervisión para disminuir los accidentes laborales

Las entrevistas a los trabajadores se realizaron con el fin de verificar los accidentes laborales ocurridos desde que iniciaron a laborar en el servicio.

Para establecer los riesgos del servicio de recolección se realizó una lista de chequeo en donde se evaluaron las enfermedades y accidentes más frecuentes durante la labor, constatándolos en el acompañamiento de rutas.

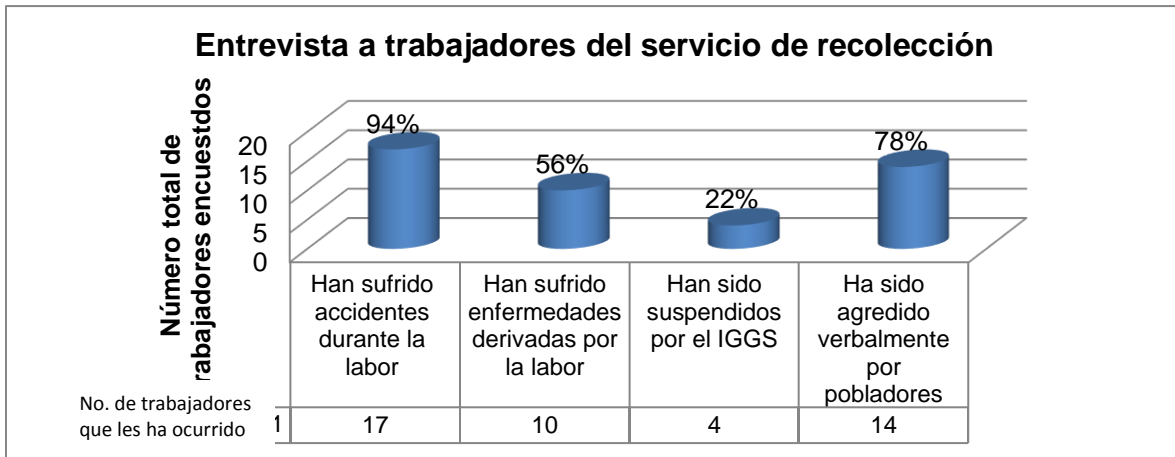
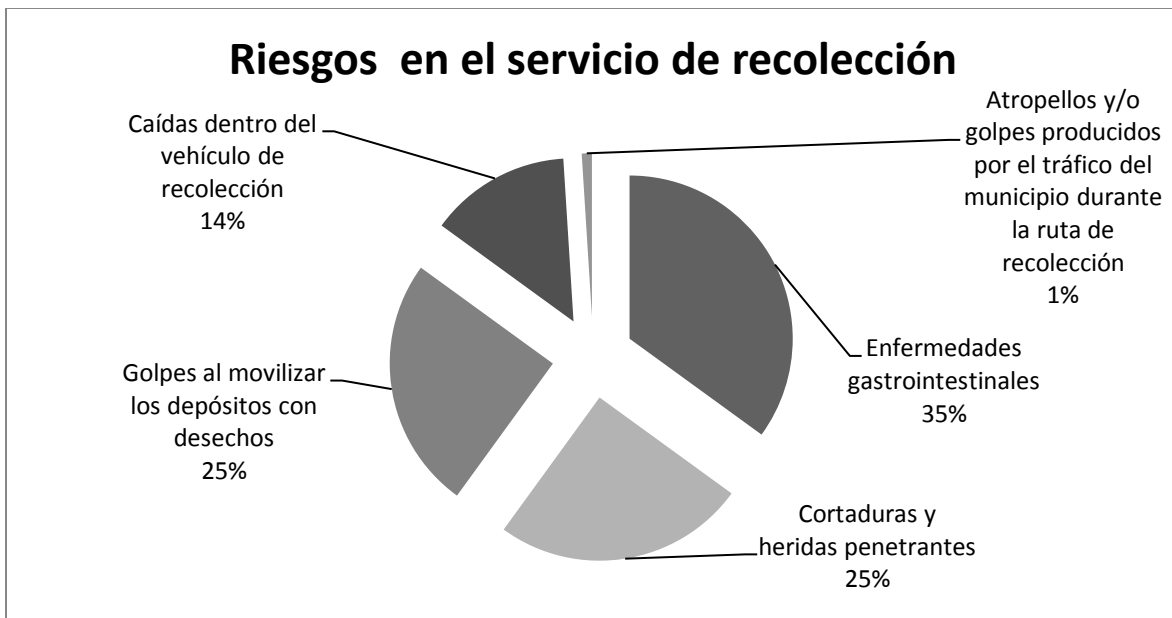


Figura No.7. Resultado de las entrevistas de salud y seguridad ocupacional.

La entrevista realizada se utilizó para determinar los peligros a los que se exponen trabajadores del servicio y así poder plantear líneas de acción para mitigarlos.

Según la lista de chequeo realizada durante la caracterización los riesgos a la salud a los que están expuestos el personal de recolección son:

Figura No.8. Gráfica de riesgos para trabajadores del servicio



La gráfica demuestra los riesgos a los que están expuestos los trabajadores y el porcentaje de la probabilidad en que pueden, la mayoría de estos pueden ser evitados con el uso correcto del equipo de protección personal y capacitaciones constantes en la labor.

6.2 Propuesta de tren de aseo eficiente con base a aspectos técnicos e información generada en el campo

Las propuestas realizadas son las siguientes:

6.2.1 Horarios

- ✓ Se propone que la ruta uno siga iniciando a las 4:00 horas pero culminara a las 12:00 horas cumpliendo ocho horas de labor como lo establece el Ministerio de trabajo.
- ✓ Las rutas: dos, tres y cuatro; se propone que sigan iniciando a las 6:00 y darán fin a su labor en las 14:00 horas.

6.2.2 Días de recolección

- ✓ Para las rutas: uno, dos y cuatro se propone que los días de recolección sean de lunes a sábado con excepción de los días miércoles. Esto se realizará para evitar la acumulación de desechos orgánicos y así disminuir la proliferación de moscas y mal olor en los hogares.
- ✓ Para la ruta tres se propone que el descanso sea los días jueves recolectando así los desechos del mercado en ausencia de la uno el miércoles.
- ✓ Se proponer recolectar un tipo de desecho al día alternando de manera orgánico-inorgánico durante toda la semana.

6.2.3 Vehículos y herramientas para la recolección

- ✓ Se propone no adquiri vehículos extra y hacer un intercambio de vehículo entre la ruta tres y la cuatro. Esto para aprovechar la capacidad de carga del camión para materiales de construcción (modelo Ford L9000) y disminuir los viajes al sitio de disposición final.

✓ Se propone adquirir guantes, botas, fajas de carga para cada recolector y así garantizar la protección de estos. Todas las herramientas deberán reemplazarse con un periodo de 30 días para garantizar su funcionamiento.

✓ Se propone que las rutas adquieran nuevos depósitos para los desechos sólidos recolectados debido a que los actuales están desgastados por el uso y arrastre en las calles del municipio y como consecuencia se esparcen involuntariamente líquidos lixiviados por el casco urbano.

6.2.4 Recolectores del servicio

✓ Se propone que las rutas uno y dos cuenten con tres recolectores; la ruta tres y cuatro con cuatro recolectores. El cambio se enfoca en cumplir la recolección diariamente y mejorar el rendimiento, ya que las rutas no son completadas porque la cantidad de desechos sólidos es demasiada para los recolectores.

6.2.5 Rutas de recolección

✓ Se propone dividir la calle Santander, la primera mitad (hasta el semáforo) recolectará la ruta cuatro el resto de la calle recolectará la ruta tres. Este cambio se va en función de aprovechar la capacidad de carga de los vehículos que en las rutas actuales está siendo desperdiciado. (Ver figura No. 9, página 49)

6.2.6 Estaciones de transferencia

✓ Se propone colocar estaciones de transferencia para los desechos sólidos en los callejones estrechos y largos, debido a la dificultad de entrada por parte de los recolectores y al tiempo que se ocupa al no poder ingresar el vehículo. (Ver figura No.9 página 49).

Las estaciones de transferencia son centros de recepción de residuos urbanos ubicados en el entorno de las poblaciones, cuya finalidad es permitir la descarga de los camiones de recogida de desechos sólidos domiciliarios para posteriormente poder trasladarlos al sitio de disposición final.

a. Mapa con las rutas propuestas

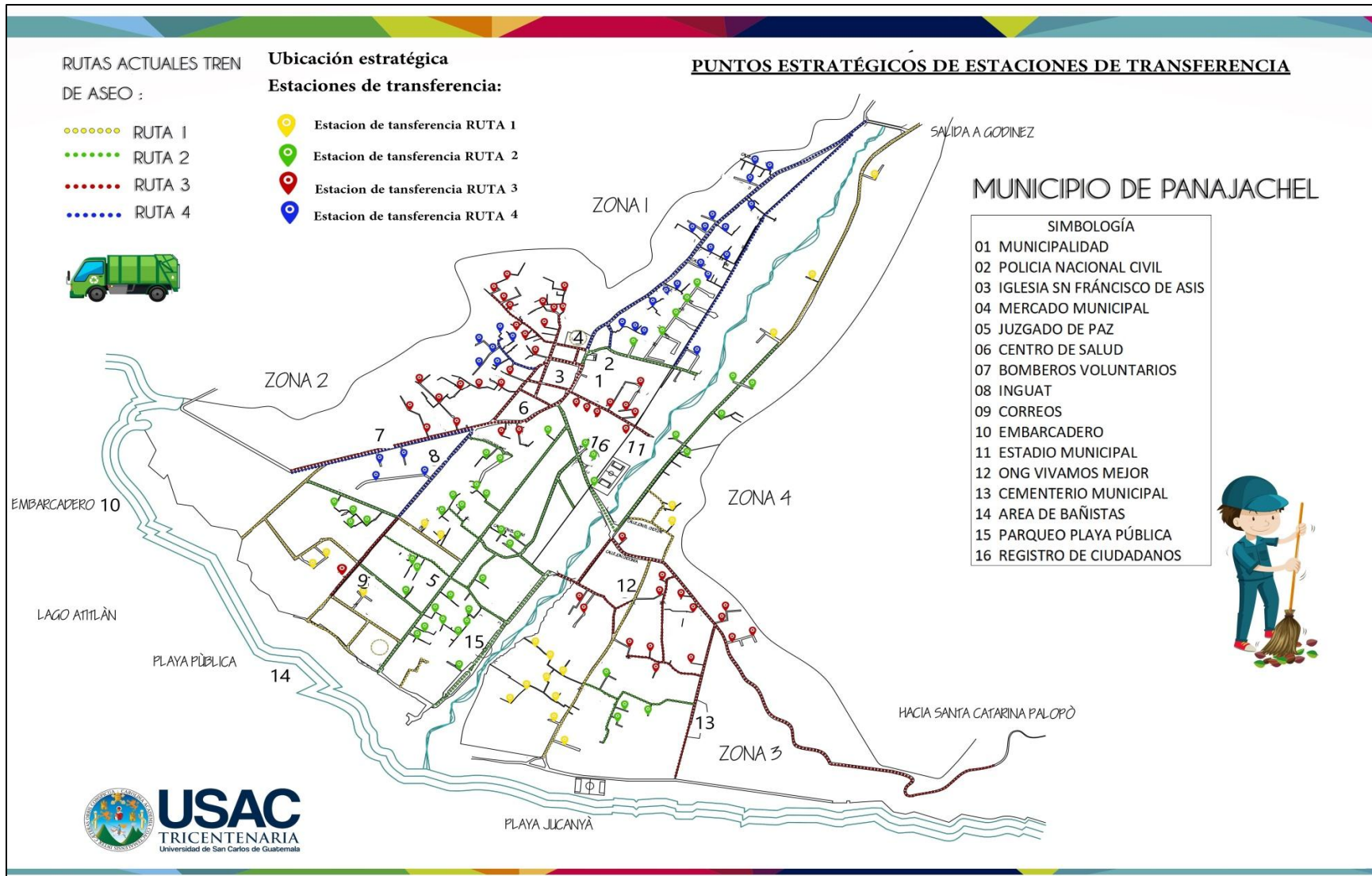


Figura No.9. Mapa de rutas propuesto para servicio de recolección de desechos

6.2.7 Disposición final

✓ Se propone recuperar el sitio de disposición final para tratamiento de desechos orgánicos Compostera “Pamuch”; ya que reducirá 304 kilómetros en recorridos hacia la disposición final, disminuyendo 26 horas trabajadas, 342 galones de gasolina consumidos por las cuatro rutas en una semana y dejara de emanar 38.43 toneladas de CO₂ al año.

✓ Se propone contratar a tres trabajadores para la Compostera “Pamuch” y el tipo de descarga en el sitio de disposición final será: ubicar el camión cerca de los desechos y vaciar la carga lo más cerca posible. El labor de apilar los desechos se propone que lo realicen los trabajadores de la compostera.

6.2.8 Comparación de rutas actuales y propuestas.

a. Costos para habilitación de compostera en Pamuch

Cuadro 10. Costos por apertura y operación de compostera Pamuch

Concepto	Costo	Total
3 Trabajadores en la compostera	Salario mínimo Q2,992.36	Q8,977.08
3 Palas	Precio promedio Q37.00	Q111.00
3 Pares de guantes	Precio promedio Q11.00	Q33.00
3 Mascarillas	Precio promedio Q4.00	Q12.00
3 Pares de botas de hule	Precio promedio Q60.00	Q180.00
3 Gabachas	Precio promedio Q25.00	Q75.00
Infraestructura	Ya construida	Q0.00
	Costo total mensual	Q9,388.08
	Costo total anual	Q108,135.96

Datos de sueldos, consultados en el Ministerio de trabajo de Guatemala.

El sueldo asignado a los trabajadores es el mínimo en el país para todo el año 2,019. Los datos y costos de herramientas para la operación de la compostera en Pamuch fueron verificados en mercados locales.

Aunque la inversión supere los Q.100,000.00 tiene ganancias económicas, ambientales y sociales detallados en los siguientes cuadros.

b. Comparación en distancias recorridas

Cuadro 11. Comparación de kilómetros recorridos en las composteras

Sitio de disposición final	km recorridos en ruta 1	km recorridos en ruta 2	km recorridos en ruta 3	km recorridos en ruta 4
Coxom	547.20	342.00	205.20	342.00
Pamuch	60.80	38.00	22.80	38.00
Disminución de km por semana	486.40	304.00	182.40	304.00

El cuadro 11 demuestra los beneficios producto del cambio de compostera, se disminuirán 1276.80 kilómetros recorridos a la semana por traslados a disposición final, siendo aún el mismo número de recorridos pero diferente ubicación de sitio de disposición.

La disminución se debe a la diferencia de distancias en las localizaciones, ya que “Pamuch” se encuentra a siete kilómetros del casco urbano de Panajachel mientras que Coxom Argueta se encuentra a 34.2 kilómetros de distancia.

En el cambio de compostera también se disminuirán los lapsos en descarga de desechos orgánicos detallada a continuación en el Cuadro 12 página 52.

c. Comparación en lapsos por descarga de desechos y recorridos.

Cuadro 12. Diferencia en lapsos de descarga de desechos en Pamuch

Sitio de disposición final	Tiempo total en descarga ruta 1 h:m:seg	Tiempo total en descarga ruta 2 h:m:seg	Tiempo total en descarga ruta 3 h:m:seg	Tiempo total en descarga ruta 4 h:m:seg
Descarga en Coxom Argueta	5:01:04	3:08:10	1:52:54	3:08:10
Descarga en Pamuch	2:19:36	1:27:15	0:52:21	1:27:15
Disminución de tiempo por semana	2:41:28	1:40:55	1:00:33	1:40:55

La disminución de tiempo se produce por la distinta manera de descargar los desechos.

En la Compostera “Coxom Argueta” la descarga requiere de más tiempo debido al labor de apilar los desechos al material orgánico ubicado en el sitio.

En la Compostera “Pamuch” se propone que el procedimiento de apilar los desechos sea realizado por los trabajadores a contratar (ver cuadro 10 página 50)

Cuadro 13. Comparación en lapsos de recorridos hacia el sitio de disposición final

Compostera en	Ruta 1 h:m:seg	Ruta 2 h:m:seg	Ruta 3 h:m:seg	Ruta 4 h:m:seg
Coxom Argueta	14:29:34	9:26:43	5:56:36	9:42:02
Pamuch	5:13:16	3:19:50	2:21:46	2:09:15
Diferencia de tiempo Por semana	9:16:18	6:06:53	3:34:50	7:32:47

El orgánico se recolecta tres veces por semana, por lo que el número de visitas a la compostera es elevado. La propuesta tiene como resultado una disminución de 26 horas en traslados al sitio.

d. Comparación de lapsos en recolección de desechos

Cuadro 14. Disminución de horas en recolección

No. de ruta	Lapsos en recolección de desechos ACTUAL h:m:seg	Lapsos en recolección de desechos PROPUESTA h:m:seg	Diferencia de horas por semana h:m:seg
Ruta 1	16:10:11	14:28:39	1:41:32
Ruta 2	22:05:13	20:15:12	1:50:01
Ruta 3	29:11:04	21:18:00	7:53:04
Ruta 4	28:05:13	25:48:59	2:16:14

Partiendo de la propuesta de número de recolectores por ruta se calculó el rendimiento de recolección y así se determinó el lapso en ruta disminuyendo 13:40:51 horas a la semana, esta propuesta sumada a las demás lograrían completar el labor en el tiempo establecido de ocho horas.

e. Comparación en tiempo de trabajo a la semana

Cuadro 15. Comparación de horas trabajadas a la semana con la recuperación de compostera Pamuch

Rutas actuales		Rutas propuestas		Comparación
No. de Ruta	Total horas trabajada h:m:seg	No. de Rutas	Total horas trabajada h:m:seg	Diferencia de horas h:m:seg
Ruta 1	43:38:47	Ruta 1	31:41:01	11:57:46
Ruta 2	41:49:54	Ruta 2	34:02:06	7:47:48
Ruta 3	47:10:15	Ruta 3	35:29:21	11:40:54
Ruta 4	43:34:07	Ruta 4	34:20:25	9:13:42

El total actual de horas trabajadas por las cuatro rutas es de 176 por semana, en la propuesta se trabajaría 135 horas lo que nos da una disminución de 41 horas a la semana. La disminución de horas es significativa ya que implica la disminución de gastos en efectivo, el cumplimiento en las rutas de recolección diarias y disminuiría el cansancio acumulado de los trabajadores.

6.2.9 Beneficios de la propuesta.

A continuación encontraremos los beneficios que la propuesta permitirá obtener, estos están subdivididos en beneficios económicos y beneficios ambientales.

a. Beneficios económicos

Los beneficios económicos están en función de los gastos realizados actualmente que provienen de: consumo de gasolina y pagos de horas extra.

La habilitación de la Compostera “Pamuch” reduce los kilometro recorridos y el consumo de gasolina, además erradica totalmente las horas extra, lo que deriva en ahorros de estos pagos.

Cuadro 16. Total de ahorro mensual en consumo de gasolina y pago de horas extra.

No. de ruta	Actualmente			Propuesta en función de la habilitación de la Compostera “Pamuch”			Horas extra/por mes		Total horas trabajadas al mes	Costo unitario hora extra Q18.70
	km recorridos al mes	Galones de diésel consumidos	Gasto mensual	km recorridos al mes	Galones de diésel consumidos	Gasto mensual	Actual	recolectores p/ruta		Costo total de las horas extra
Ruta 1	2801.6	165.05	Q3,816.00	856	50.43	Q1,165.93	16:00:00	4	64	Q1,196.94
Ruta 2	1750.4	88.88	Q2,055.00	634.4	32.21	Q744.76	8:00:00	4	32	Q598.47
Ruta 3	1464.0	166.09	Q3,840.00	734.4	83.32	Q1,926.30	32:00:00	4	128	Q2,393.89
Ruta 4	1889.6	137.28	Q3,174.00	673.6	48.94	Q1,131.43	16:00:00	5	64	Q1,196.94
Total ahorro mensual (Ahorro en compra de gasolina + ahorro en pago de horas extra)										Q13,302.84
Total de ahorro anual (ahorro mensual * 12 meses)										Q.159,634.08

Los datos del gasto mensual de gasolina se obtuvieron a través de un estimado utilizando como referencia los gastos del mes de julio del 2018 brindados por la Dirección Financiera de la Municipalidad de Panajachel.

La habilitación de la Compostera “Pamuch” permitiría un ahorro anual de Q.159,634.08.

Como lo indica el cuadro 16 en la página 54, la habilitación de la compostera en Pamuch reduciría los kilómetros recorridos hacia disposición final, lo que disminuye el número de servicios que cada vehículo recibe anualmente.

Cuadro 17. Ahorro anual en gastos de servicios de vehículos de las cuatro rutas

No. de Ruta	Actualmente			Propuesta		
	km recorridos al año	Numero de servicios	Gasto anual en servicio de vehículos	km recorridos al año	Numero de servicios	Gasto anual en servicio de vehículos
Ruta 1	33619.2	3	Q1,050.00	10272	1	Q350.00
Ruta 2	21004.8	2	Q700.00	7612.8	1	Q350.00
Ruta 3	17568	2	Q700.00	8812.8	1	Q350.00
Ruta 4	22675.2	2	Q700.00	8083.2	1	Q350.00
					Ahorro anual	Q1,750.00

La disminución de servicios a vehículos permitirían un ahorro anual de Q1,750.00, que se suman a los demás ahorros conseguidos con la habilitación de la compostera.

La habilitación de la compostera en Pamuch que representaría la disminución de kilómetros recorridos y servicios a los vehículos, así como la erradicación de pagos de horas extra generaría un ahorro anual de Q161,384.02, los detalles de este ahorro se encuentran en el cuadro 18.

Cuadro 18. Beneficio económico anual total de la propuesta

Sumatoria de ahorro anual	
Ahorro en consumo de gasolina	Q94,999.05
Ahorro en pago de horas extra	Q64,634.98
Ahorro en servicios a vehículos de ruta	Q1,750.00
Total de ahorro en la propuesta	Q161,384.02

La Tasa Interna de Retorno nos indica en cuanto tiempo se recuperaría la inversión, en la propuesta realizada la tasa demuestra que el total a invertir se recuperaría en ocho meses. Transcurrido el tiempo para saldar la inversión de la propuesta la municipalidad por ende tendría un ahorro mensual de los gastos actuales de Q13,448.67 mensuales.

Tasa Interna de Retorno = $Q.108,135.96/Q.161,384.02= 0.67= 8$ meses

a. Beneficios ambientales

Los beneficios ambientales vendrían en su totalidad de la disminución de la huella de carbono.

Cuadro 19. Comparación en la emisión de CO₂ en rutas

No. de Ruta	Actual			Propuesta			
	Galones de diésel consumidos al año	Factor de emisión para diésel	toneladas CO ₂ /año	Galones de diésel consumidos al año	Factor de emisión	CO ₂ emitido al año en Toneladas	
Ruta 1	1980.6	9.35 kg CO ₂ /gal	18.53	605.15	9.35 kg CO ₂ /gal	5.66	
Ruta 2	1066.56	9.35 kg CO ₂ /gal	9.98	386.55	9.35 kg CO ₂ /gal	3.62	
Ruta 3	1993.08	9.35 kg CO ₂ /gal	18.64	999.81	9.35 kg CO ₂ /gal	9.35	
Ruta 4	1647.36	9.35 kg CO ₂ /gal	15.41	587.25	9.35 kg CO ₂ /gal	5.49	
Total CO ₂ emitido en rutas actuales			62.55	Total CO ₂ emitido en rutas propuestas			24.12
Diferencia en toneladas CO₂						38.43	

El CO₂ (dióxido de carbono) es un gas incoloro y vital para la vida de la tierra; al ser producido en cantidades industriales derivado del consumo de energía con base de hidrocarburos, se convierte en el 60% del total de los gases de efecto invernadero que aceleran el calentamiento global.

El cálculo de la huella de carbono se realizó como evaluación de los vehículos de recolección con el fin de disminuirla y hacer el servicio amigable a la medio ambiente, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero.

Los beneficios ambientales de la propuesta son producto de reducir la emisión de Dióxido de Carbono a la atmósfera generada por los vehículos utilizados para la recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos del municipio; con las rutas propuestas se evitará la emisión de 38 toneladas anuales de CO₂ a la atmósfera y así se contribuye directamente a desacelerar el calentamiento global.

VII. CONCLUSIONES.

1. El servicio de tren de aseo del municipio de Panajachel, Sololá recolecta 15,999.60 kilogramos de desechos sólidos a la semana, provenientes de hogares y negocios del casco urbano.
2. El rendimiento de recolección promedio es de 3,566.68 kilogramos de desechos sólidos por trabajador a la semana.
3. La recolección y transporte de desechos sólidos se realiza en un lapso mayor a la jornada laboral establecida, acumulándose hasta 68 horas extra por todos los trabajadores de la ruta en una semana.
4. La cobertura actual del servicio de recolección en el casco urbano es del 100%, empero a nivel municipal el servicio cubre el 55%.
5. Las rutas de recolección recorren en total 1,626.40 kilómetros de distancia entre traslados al sitio de disposición final de desechos sólidos, en una semana laboral.
6. La capacidad de carga de los vehículos de las rutas uno, dos y cuatro son utilizadas en su totalidad, mientras que la ruta tres la capacidad del camión es desperdiciada.
7. El 94% de trabajadores del servicio de recolección ha sufrido algún accidente durante la labor.
8. La huella de carbono del servicio actual es de 62.56 toneladas de CO₂ emitido a la atmósfera al año, provocando la contaminación del aire y deteriorando la calidad de vida de los pobladores del municipio.
9. La propuesta de apertura de la compostera "Pamuch" generará una inversión con un lapso de retorno de ocho meses.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Es necesario que la municipalidad realice un programa de educación ambiental que permita disminuir los desechos generados por la población.
2. Las autoridades municipales deben capacitar al personal de recolección en prevención de accidentes laborales y primeros auxilios.
3. La municipalidad debe adquirir equipo de protección personal para los trabajadores del servicio de recolección y debe ser reemplazado frecuentemente.
4. Las autoridades municipales deben habilitar el sitio de disposición final Pamuch para reducir horas de trabajo, kilómetros recorridos y consumo de gasolina.
5. Las autoridades municipales deben socializar y posteriormente hacer obligatorio el pago del servicio de recolección a la población del casco urbano.
6. Utilizar el abono orgánico a producir en la compostera “Pamuch” en áreas públicas del municipio o venderlo para generar una fuente de ingresos para la municipalidad.
7. Los trabajadores del servicio de recolección deben cumplir con la jornada laboral establecida, para evitar pago de horas extras y cansancio del personal.
8. El servicio de recolección debe realizar un cambio de vehículos entre las rutas tres y cuatro, para aprovechar al máximo la capacidad de carga de los camiones.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, C; Elder, J. 2010. Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, Departamento de Guatemala. USAC. Facultad de Ingeniería. (Documento en línea). Consultado el 29 de julio del 2018 Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2170_IN.pdf
2. Alvarenga, C. 2008. Diagnostico socioeconómico del municipio de Panajachel, Sololá. (Documento en línea). Consultado 18 julio 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0688_v14.pdf
3. AMSCLAE (Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno), 2013. Ley RUMCLA. (Documento en línea). Consultado el 19 abril del 2018. Disponible en: <http://www.amsclae.gob.gt/wp-content/uploads/2013/08/leyrumcla.pdf>
4. Barradas, A. 2009. Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales. Veracruz, México, Instituto Tecnológico de Minatitlán.
5. Betancourt, L., & Pichs, L. 2004. Plan de manejo de desechos sólidos en la gestión ambiental empresarial. (Documento en línea). Consultado el 25 abril del 2018. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos19/manejo-desechos-solidos>
6. Campos, I. 2000. Saneamiento Ambiental (Documento en línea) Consultado el 18 mayo del 2018. Disponible en: https://books.google.com.gt/books?id=lsgrGBGIGeMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

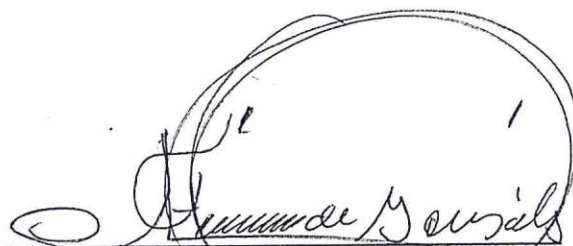
7. Castillo, Y. 2008. Diagnóstico socioeconómico potencialidades productivas y propuestas de inversión. (Documento en línea). Consultado el 20 de abril de 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0688_v7.pdf
8. Climate Data. 2018. Clima: Panajachel. (Documento en línea). Consultado el 18 de abril de 2018 Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/29016/>
9. De Paz, F. 2014 “Atitlán, los pueblos y el lago.” Sololá, Guatemala.
10. Eliassen, R. 1999. Desechos Sólidos, principios de ingeniería y administración. GTZ de Alemania. (Documento en línea). Consultado el 17 de abril de 2018. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/desechos.pdf>
11. Fraume, N. 2008. Diccionario ambiental. (Documento en línea). Consultado el 12 de abril del 2018. Disponible en: <https://booksmedicos.org/diccionario-ambiental-nestor-julio-fraume/>
12. Jaramillo, J. 1999. Gestión integral de residuos sólidos Municipales. (Documento en línea). Consultado el 11 de abril del 2018. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/viii.pdf>
13. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente / URL (Universidad Rafael Landívar). 2002. Perfil ambiental de Guatemala. Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 219 p.
14. López N; Sarabia A. 2012. Alternativas de optimización del componente de recolección y transporte de residuos sólidos ordinarios de la empresa de servicios públicos Adamiuain del municipio de Ocaña norte de Santander. (Documento en línea). Consultado el 15 de abril de 2018. Disponible en:

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/749/1/27890.pdf>

15. Mackenzie, L; Susan, J. 2005. Ingeniería y ciencias ambientales. (Documento en línea). Consultado el 01 de mayo de 2018. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/337233673/Ingenieria-y-Ciencias-Ambientales-Mackenzie-L-Davis-y-Susan-J-Master-Mc-Graw-Hill>
16. Mankatitlán (Mancomunidad de Municipios Kaqchikel Chichoy Atitlán) 2011. Plan de desarrollo municipal de Panajachel, Sololá, 2012-2019. Sololá, Guatemala.
17. MARN. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Manual de Indicadores Ambientales Municipales Citado en manual de indicadores ambientales. Guatemala, Guatemala.
18. Márquez, J. 2010. Macro y Micro de Ruteo de residuos sólidos residenciales. (Documento en línea). Consultado el 16 de abril de 2018. Disponible en: catalogo.unisucre.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber.
19. Ministerio de Salud 2017. "Censo poblacional del Municipio de Panajachel". Sololá, Guatemala.
20. Morales, J. (2000). Cocunubà, Modelo para un Desarrollo Sostenible. (1ª ed.) Colombia. editorial Print in Colombia. (Documento en línea). Consultado el 15 de agosto del 2018. Disponible en: https://books.google.com.gt/books?id=LOpB_Y6eKd4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
21. Municipalidad de Panajachel. 2011. Plan del Municipio de Panajachel con Enfoque Territorial, Género y Pertinencia Cultural 2012-2019. Guatemala; Mankatitlán.

22. PROATITLÁN (Proyectos para el Lago de Atitlán), 2016. Informe de cuantificación, caracterización de residuos y desechos sólidos, Panajachel, Sololá. 22 p.
23. PROATITLÁN (Proyectos para el Lago de Atitlán), 2017. Diagnostico municipal del manejo de los desechos sólidos, municipio de Panajachel, Sololá. 24 p.
24. Queché, S. 2018 Situación actual de los sitios de disposición final, (Rodríguez, I. Entrevistador), Sololá, Guatemala.
25. Reglamento para el manejo integrado de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, 2017. (Documento en línea). Consultado el 12 de abril de 2018. Disponible en: www.amsclae.gob.gt/2017/01/27/reglamento/
26. Roldán, R. 2009. Proyecto programa de recolección selectiva de residuos y formación de segregadores de cercado de Lima. Gestión Ambiental de Residuos sólidos e instituciones educativas. (Documento en línea). Consultado el 16 de abril de 2018. Disponible en: <http://escuelaverde.files.wordpress.com/2009/06/modulo-2-residuos-solidos.pdf>
27. Secretaría de Desarrollo Social. 2005. Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales. México D.F.; Secretaría de Desarrollo Social.

28. SNV (Servicio Holandés de Cooperación Técnica y Social) y HONDUPALMA. 2011. Manejo de Residuos Sólidos: Una guía para socios y personal de HONDUPALMA. (Documento en línea). Consultado el 22 de abril de 2018. Disponible en: http://www.snvworld.org/download/publications/guia_manejo_de_residuos.pdf
29. Tafur, J. 2007. Frecuencia de recolección y transporte de residuos sólidos. Módulo de gestión de residuos sólidos. (Documento en línea). Consultado el 22 de abril de 2018. Disponible en: www.slideshare.net/ingeambiental/ocho-frecuencia-de-recoleccion-delos-rs
30. Tchobanoglous, G; Theisen, H; Eliassen, R. 1999. Desechos Sólidos, principios de ingeniería y administración. GTZ de Alemania. (Documento en línea) Consultado el 18 de abril de 2018. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/desechos.pdf>
31. Zamora, J. 2013. Plan de Manejo Ambiental de Desechos Sólidos del municipio de San Andrés Itzapa. (Documento en línea). Consultado el 18 de abril de 2018. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3688.pdf



Vo,Bo. Lcda Ana Teresa De González
Bibliotecaria
CUNSUROC



X. ANEXOS

Anexo 1 Guía de entrevista a director financiero de la municipalidad



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



ENTREVISTA DIRECTOR FINANCIERO MUNICIPALIDAD DE PANAJACHEL

1. Nombre: _____
2. ¿Existe un registro anual de los gastos e ingresos totales por la prestación del servicio de tren de aseo y disposición final bien definido?
3. ¿A cuánto ascienden los ingresos percibidos por la prestación del servicio de tren de aseo y disposición final de los residuos y desechos sólidos en el Centro de Acopio?
4. ¿Cuál es el costo del uso de los 4 vehículos utilizados en el servicio de recolección y transporte de desechos sólidos?
5. ¿Cuál es el costo por el pago a los empleados del tren de aseo y centro de acopio?
6. ¿A cuánto asciende el pago de energía eléctrica en la planta de tratamiento en el centro de acopio?
7. ¿A cuánto asciende el pago por el combustible utilizado para el servicio de barrido y limpieza del municipio y lugares públicos?
8. ¿Cuál es el costo por la compra de equipo de protección y herramientas para los empleados del servicio?
9. ¿Existen más gastos a parte de los ya mencionados incluidos en el servicio de tren de aseo?}

Anexo 2 Lista de chequeo con aspectos de salud y seguridad ocupacional a evaluar



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**



Aspectos a evaluar	Si	No
Existe riesgo en el labor		
El equipo de protección es adecuado.		
Utilizan el equipo de protección adecuadamente.		
El equipo de protección tiene condiciones aceptables para su uso.		
Existen botiquín dentro del vehículo para uso de emergencias		
El botiquín tiene los medicamentos necesarios para cubrir una emergencia		
Los trabajadores se lavan las manos antes de ingerir alimentos		
Los usuarios del servicio agreden verbal, física o emocionalmente a los trabajadores.		
Ocurrió algún tipo de accidente durante el recorrido del tren de aseo (Especificar en caso de que ocurriera)		
¿Qué tipo de amenazas presenta laborar en el tren de aseo? (Perspectiva propia obtenida en recorridos)		

Anexo 3. Guía de entrevista para salud y seguridad ocupacional de los trabajadores



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



1. ¿Cuántos años lleva laborando en el servicio?

2. ¿Han sufrido algún accidente durante las actividades?

3. ¿Qué tipo de accidente?

4. ¿Dónde lo atendieron?

5. ¿Que tan frecuente son los accidentes laborales?

6. ¿Se enferma frecuentemente?

7. ¿Qué tipo de enfermedades le ha ocasionado la labor?

8. ¿Cuáles son los materiales peligrosos que manipula?

9. ¿Ha estado suspendido por el IGSS? ¿Cuánto tiempo?

10. ¿Cree que la labor de servicio incluye riesgos altos a la salud?

Anexo 4. Entrevista a empleados del tren de aseo municipal para evaluación de rendimiento de recolección



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**



1. ¿Cuál es el tipo de equipo que tienen a disposición para desarrollar la labor?

2. ¿Cuál es el equipo necesario y del que carece el servicio de tren de aseo?

3. ¿Qué tan frecuente es el mantenimiento del vehículo y reemplazo de equipo de protección personal?

4. ¿Cuántas veces a la semana pasa el servicio de recolección por casa?

5. ¿Cuántos son los trabajadores por ruta de recolección y transporte de desechos sólidos?

6. ¿Cuáles son las condiciones topográficas de su ruta de recolección y transporte de desechos sólidos?

7. El método de recolección se determinara por perspectiva propia al momento de acompañar a la ruta. (Los tipos de recolección están definidos en la metodología)

Anexo 5. Datos de volumen de residuos y desechos sólidos recolectados por cada una de las rutas

Cuadro 20. Volumen de desechos sólidos recolectados por ruta 1 en la semana

Día	Inorgánico				Orgánico				
	Área			Área * Altura	Área			Área * Altura	
	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	
Lunes	1.52	3.32	1.2	6.06	1.52	3.32	0.73	6.88	
Martes Viaje1	1.52	3.32	1.93	9.74	1.52	3.32	0.74	3.73	
Martes Viaje2	1.52	3.32	1.97	9.94					
Miércoles	1.52	3.32	1.26	6.36	1.52	3.32	0.55	6.50	
Viernes Viaje 2	1.52	3.32	1.98	9.99					
Viernes Viaje 2	1.52	3.32	1.33	6.71	1.52	3.32	0.63	3.20	
Sábado	1.52	3.32	0.63	3.18	1.52	3.32	1.21	6.13	
			Total	51.98				Total	26.44

Cuadro 21. Volumen de desechos sólidos recolectados por ruta 2 en la semana

Día	Inorgánico				Orgánico				
	Área			Área* Altura	Área			Área* Altura	
	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	
Lunes	1.32	3.82	1.53	7.72	1.32	5.85	0.75	3.78	
Martes Viaje 1	2.25	3.53	1.82	14.46	1.32	2.77	0.54	2.03	
Martes Viaje 2	2.25	3.53	1.6	12.71	1.32	2.77	0.52	1.44	
Martes Viaje 3	2.25	3.53	1.63	12.95	1.32	2.77	0.54	2.56	
Viernes Viaje 1	2.60	4.34	1.55	17.48	1.32	2.77	0.54	2.03	
Viernes Viaje 2	2.60	4.34	1.35	15.22	1.52	2.77			
			Total	80.57				Total	11.84

Cuadro 22. Volumen de desechos sólidos recolectados por ruta 3 en la semana

Día	Inorgánico				Orgánico				
	Área			Área * Altura	Área			Área * Altura	
	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	
Martes Viaje 1	2.35	4.80	1.91	21.54	2.35	4.80	1.04	11.72	
Martes Viaje 2	2.35	4.80	0.81	9.14	2.35	4.80	0.85	9.59	
Miércoles Viaje 1	2.35	4.80	1.27	14.33					
Miércoles Viaje2	2.35	4.80	1.25	14.10					
Miércoles Viaje 3	2.35	4.80	0.36	4.06					
Jueves	1.35	3.82	0.75	3.87					
Sábado Viaje 1	2.35	4.80	1.5	16.92					
Sábado Viaje 2	2.35	4.80	1	11.28					
			Total	95.24				Total	21.31

Cuadro 23. Desechos inorgánicos recolectados por ruta 4 en la semana

Día	Inorgánico				Orgánico				
	Área			Área * Altura	Área			Área * Altura	
	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	Ancho m	Largo m	Altura m	Volumen total m ³	
Lunes					2.31	3.19	1.63	11.98	
Martes Viaje 1	2.31	3.19	2.15	15.85					
Martes Viaje 2	2.31	3.19	2.10	15.48					
Miércoles					2.31	3.19	0.79	5.86	
Viernes Viaje 1	2.31	4.10	1.58	14.95					
Viernes Viaje 2	2.31	4.10	1.68	15.89					
Sábado					2.31	3.19	1.55	11.72	
			Total	62.16				Total	29.56

Anexo 6 Resumen de los datos recolectados en las cuatro rutas

Cuadro 24. Resumen semana residuos y desechos sólidos inorgánicos

Datos en toneladas							
No . de ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total en la semana
Ruta 1	6.05	19.68	6.3584		16.7035	3.1792	51.97
Ruta 2	7.72	40.14			32.00		80.57
Ruta 3		30.68	32.49	3.87		28.20	95.24
Ruta 4		31.33			30.84		62.16
Total en volumen m ³	13.78	121.87	38.84	3.87	80.26	31.38	289.95
Total en toneladas	1.01	8.92	2.84	0.28	5.88	2.30	21.23

Cuadro 25. Resumen semana residuos y desechos sólidos orgánicos

Datos en Toneladas							
No. de ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Ruta 1	6.88	3.73	6.50		3.20	6.13	26.44
Ruta 2	3.78		3.47			4.59	11.84
Ruta 3	11.71			9.59			21.31
Ruta 4	11.98		5.86			11.72	29.56
Total en volumen m ³	34.36	3.73	15.83	9.59	3.20	22.43	89.14
Total en toneladas	13.09	1.42	6.03	3.65	1.22	8.55	33.97

Anexo 7 Datos de tiempo en cada una de las rutas

Cuadro 26. Resumen horas trabajadas a la semana en cada ruta

Rutas	Total horas trabajada h:m:seg
Ruta 1	43:38:47
Ruta 2	41:49:54
Ruta 3	47:10:15
Ruta 4	43:34:07

Cuadro 27. Tiempo promedio de recorridos hacia el sitio de disposición final ruta 1 y 2.

Tiempo promedio en llegar al destino						
Sitio	Ruta 1 h:m:seg	Veces que viaja hacia al sitio	Tiempo de traslado a disposición final a la semana h:m:seg	Ruta 2 h:m:seg	Veces que viaja hacia el sitio	Tiempo de traslado a disposición final a la semana h:m:seg
Pamuch	0:19:35	14	4:34:06	0:19:59	12	3:59:48
Coxom Argueta	0:54:21	16	14:29:34	0:56:40	10	9:26:43

Cuadro 28. Tiempo promedio de recorridos hacia el sitio de disposición final ruta 3 y 4.

Tiempo promedio en llegar al destino						
Sitio	Ruta 3 h:m:seg	Veces que viaja hacia el sitio	Tiempo de traslado a disposición final a la semana h:m:seg	Ruta 4 h:m:seg	Veces que viaja hacia el sitio	Tiempo de traslado a disposición final a la semana h:m:seg
Pamuch	0:23:38	16	6:18:02	0:12:56	8	1:43:24
Coxom Argueta	0:59:26	6	5:56:36	0:58:12	10	9:42:02

Cuadro 29. Tiempo de descarga de desechos sólidos en la semana ruta 1 y 2

Sitio	Tiempo promedio en llegar al destino h:m:seg	Visitas a disposición final ruta 1	Tiempo total en descarga h:m:seg	Visitas a disposición final ruta 2	Tiempo total en descarga h:m:seg
Pamuch	0:17:27	7	2:02:09	6	1:44:42
Coxom	0:20:14	8	2:41:52	5	1:41:10

Cuadro 30. Tiempo de descarga de desechos sólidos en la semana ruta 3 y 4

Sitio	Tiempo promedio en llegar al destino h:m:seg	Visitas a disposición final ruta 3	Tiempo total en descarga h:m:seg	Visitas a disposición final ruta 4	Tiempo total en descarga h:m:seg
Pamuch	0:17:27	8	2:19:36	5	1:27:15
Coxom Argueta	0:20:14	3	1:00:42	5	1:41:10

Cuadro 31. Tiempo en ruta de recolección diaria

Día	Horas trabajadas en ruta de recolección Ruta 1 h:m:seg	Horas trabajadas en ruta de recolección Ruta 2 h:m:seg	Horas trabajadas en ruta de recolección Ruta 3 h:m:seg	Horas trabajadas en ruta de recolección Ruta 4 h:m:seg	Total de horas en recolección a la semana h:m:seg	
Lunes	2:40:51	2:41:56	6:14:18	5:50:59	Ruta 1	14:28:39
Martes	3:40:14	7:15:21	5:20:42	6:14:09	Ruta 2	20:15:12
Miércoles	2:15:35	3:33:18	5:40:45	3:25:11	Ruta 3	28:23:31
Viernes	3:48:39	5:02:16	4:20:51	5:29:33	Ruta 4	25:48:59
Sábado	2:03:20	1:42:21	6:46:55	4:49:07		

Anexo 8 Distancias recorridas de cada ruta

Cuadro 32. Kilómetros recorridos en traslados a disposición final ruta1 y 2

Sitio de disposición final	km recorridos para llegar al destino	Visitas a disposición final ruta 1	km total recorridos en la semana Ruta 1	Visitas a disposición final ruta 2	km total recorridos en la semana Ruta 2
Pamuch	7.60	7	53.20	6	45.60
Coxom Argueta	68.40	8	547.20	5	342.00
Total km recorridos a la semana			600.40		387.60

Cuadro 33. Kilómetros recorridos en traslados a disposición final ruta 3 y 4

Sitio de disposición final	km recorridos para llegar al destino	Visitas a disposición final ruta 3	Km total recorridos en la semana	Visitas a disposición final ruta 4	Km total recorridos en la semana
Pamuch	7.60	8	60.80	4	30.40
Coxom	68.4	3	205.2	5	342.00
Total km recorridos a la semana			266.00		372.40

Anexo 9 Rendimiento de recolección

Cuadro 34. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 1

Ruta 1	Horas trabajadas en ruta de recolección h:m:seg	Trabajadores por ruta	Kilogramos de desechos recolectados Kg	Minutos trabajados en ruta de recolección	Rendimiento de recolección kg/h	Rendimiento de recolección kg/trabajador
Lunes	2:40:51	4	3065.21	161	285.58	766.30
Martes	3:40:14	4	2864.00	220	195.27	716.00
Miércoles	2:15:35	4	2944.19	136	324.73	736.05
Viernes	3:48:39	4	2440.82	229	159.88	610.20
Sábado	2:03:20	4	2567.15	123	313.07	641.79
Promedio					255.70	694.07

Cuadro 35. Evaluación de capacidad de carga de cada vehículo

Tiempos (dimensional en minutos)									
Número de ruta	t	n	t1	t2	t3	t4	t5	R	C
Ruta 1	480	3	3	38	27	37	38	0.063	905.19
Ruta 2	480	2.2	4	37	34	37	38	0.117	924.5
Ruta 3	480	2.2	8	43	27	41	45	0.113	900.98
Ruta 4	480	1.8	2	36	30	36	37	0.098	1664.4

Cuadro 36. Evaluación de los desechos recolectados por día

No. de ruta	número de viajes de recolección	capacidad de vehículo (kg)	Número de equipos necesarios	Cantidad de basura a recoger kg (n*C*N)
Ruta 1	3	1560.00	0.6	2776.28
Ruta 2	2.2	1560.00	0.6	2081.88
Ruta 3	2.2	18143.00	0.1	3018.40
Ruta 4	1.8	2500.00	0.7	3163.38

Cuadro 37. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 2

Ruta 2	Horas trabajadas en ruta de recolección h:m:seg	Trabajadores por ruta	Kilogramos de desechos recolectados kg	Minutos trabajados en ruta de recolección	Rendimiento de recolección kg/h	Rendimiento de recolección kg/trabajador
Lunes	2:41:56	4	2007.64	162	185.89	501.91
Martes	7:15:21	4	2938.75	435	101.34	734.68
Miércoles	3:33:18	4	1320.52	213	92.99	330.130
Viernes	5:02:16	4	2394.85	302	118.95	598.71
Sábado	1:42:21	4	1747.59	102	257.00	436.89
Promedio					151.23	520.46

Cuadro 38. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 3

Ruta 3	Horas trabajadas en ruta de recolección h:m:seg	Trabajadores por ruta	Kilogramos de desechos recolectados	Minutos trabajados en ruta de recolección	Rendimiento de recolección kg/h	Rendimiento de recolección kg/trabajador
Lunes	6:14:18	3	4465.80	374	238.81	1488.60
Martes	5:20:42	3	2246.20	321	139.95	748.73
Miércoles	5:40:45	4	2378.33	341	104.62	594.58
Jueves	4:20:51	3	3937.16	261	301.70	1312.39
Sábado	6:46:55	3	2064.52	407	101.45	688.17
					177.31	966.50

Cuadro 39. Rendimiento de recolección kg/hora y kg/trabajador ruta 4

Ruta 4	Horas trabajadas en ruta de recolección h:m:seg	Trabajadores por ruta	Kilogramos de desechos recolectados kg	Minutos trabajados en ruta de recolección	Rendimiento de recolección kg/h	Rendimiento de recolección kg/trabajador
Lunes	5:50:59	5	4567.30	351	156.1468899	913.4593059
Martes	6:14:09	5	2293.12	374	73.57605	458.624045
Miércoles	3:25:11	5	2232.90	205	130.7063722	446.5801051
Viernes	5:29:33	5	2257.77	330	82.1006224	451.5534232
Sábado	4:49:07	5	4465.80	289	185.4311855	893.1602102
					125.592224	632.6754179

Anexo 10. Mapa de rutas actuales

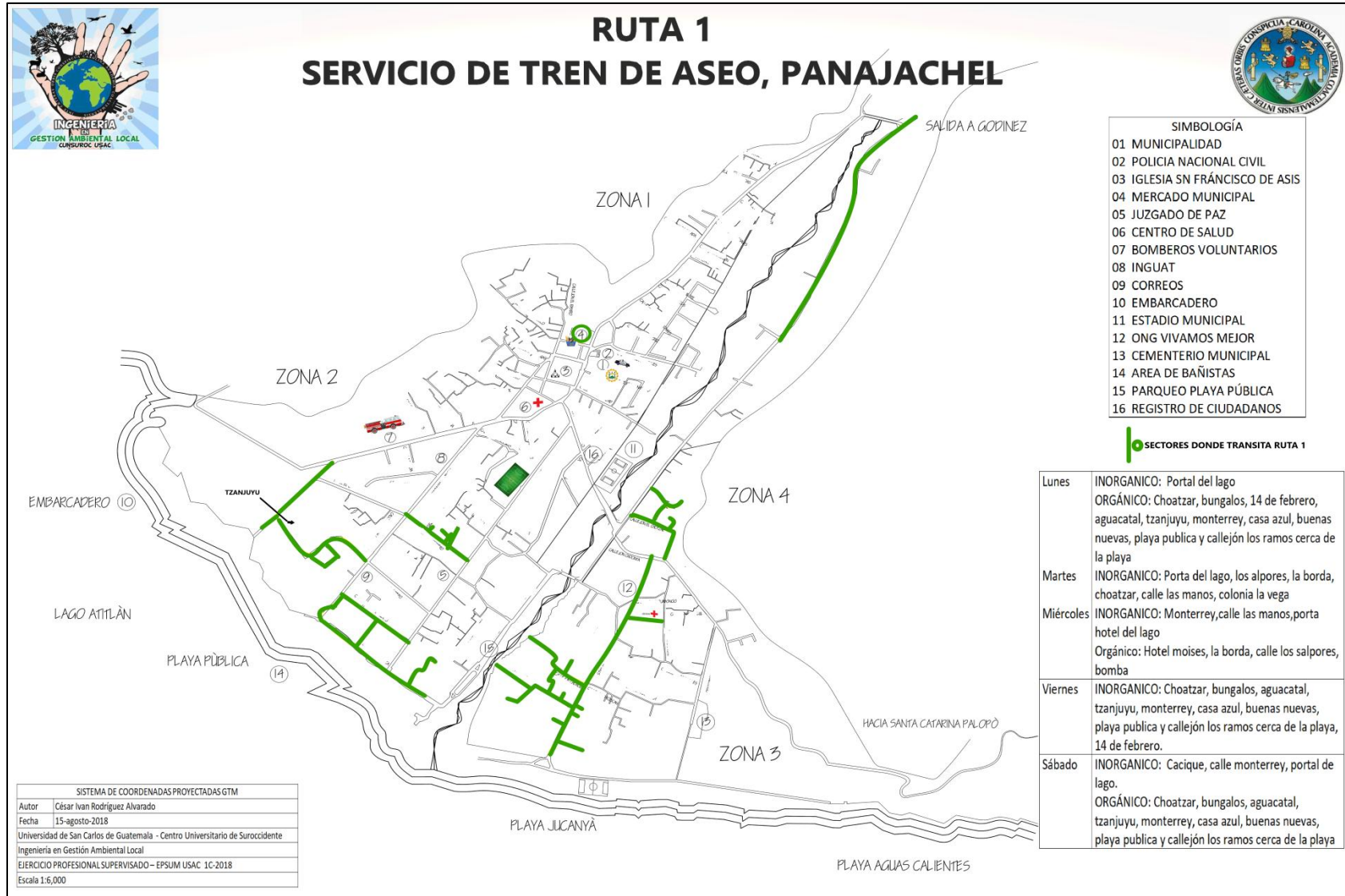


Figura No.10. Ruta 1, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel

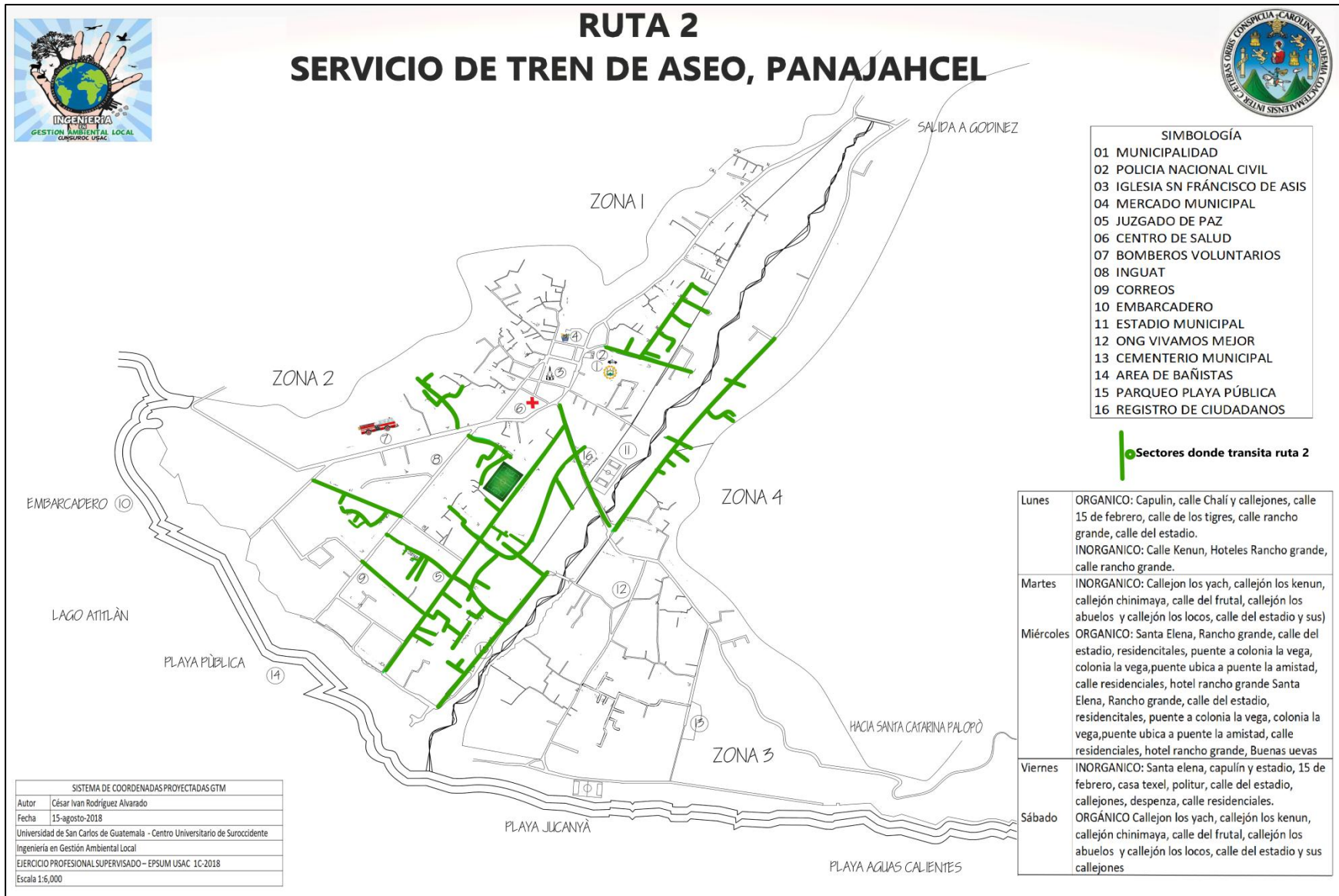


Figura No.11. Ruta 2, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel

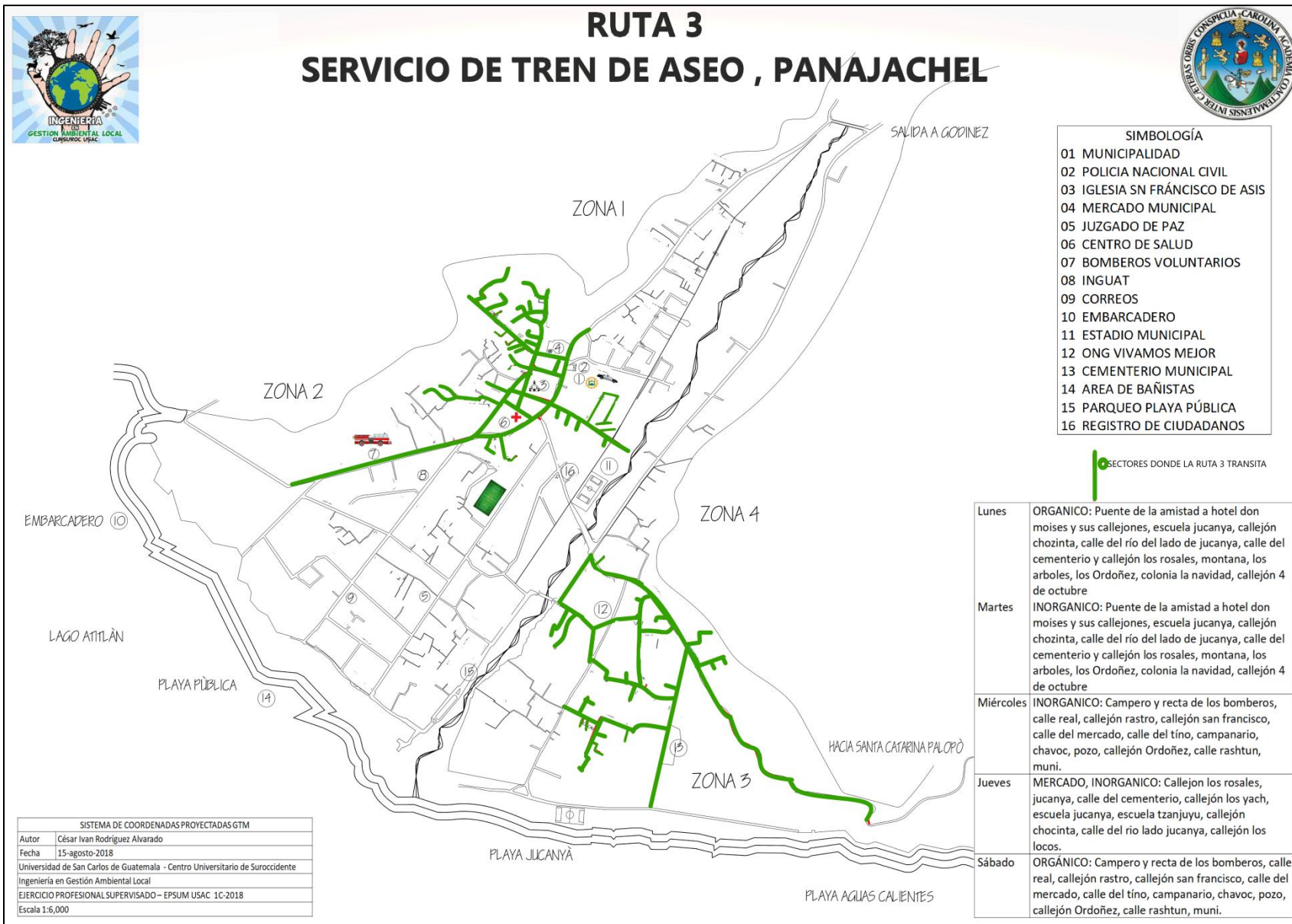
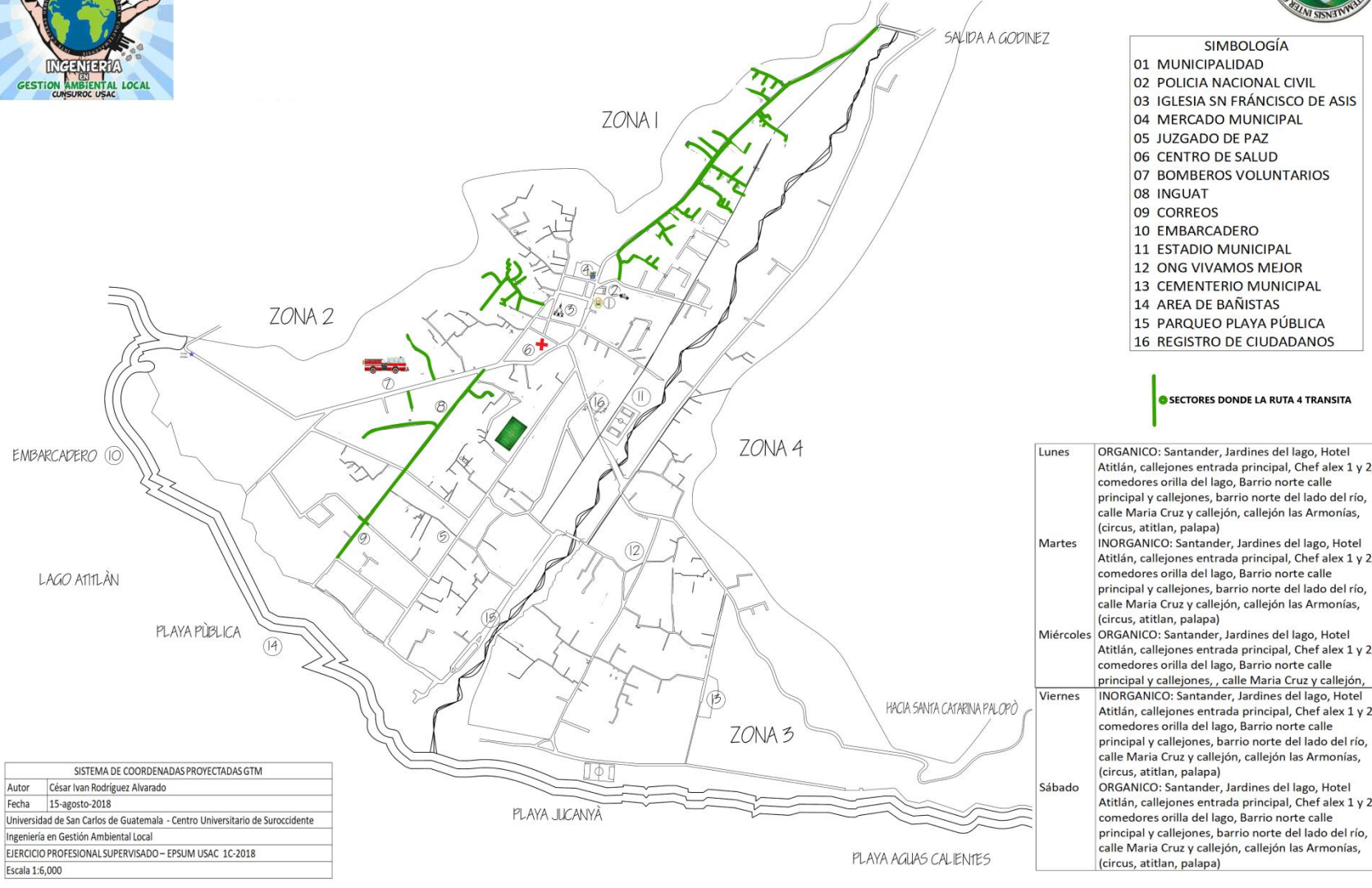


Figura No.12. Ruta 3, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel



RUTA 4 SERVICIO DE TREN DE ASEO, PANAJACHEL



SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADAS GTM	
Autor	César Ivan Rodriguez Alvarado
Fecha	15-agosto-2018
Universidad de San Carlos de Guatemala - Centro Universitario de Suroccidente	
Ingeniería en Gestión Ambiental Local	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO – EPSUM USAC 1C-2018	
Escala 1:6,000	

Figura No.13. Ruta 4, servicio de recolección y transporte de desechos sólidos Panajachel

Anexo 11 Caracterización en ruta 1



Figura No.14. Transporte de desechos sólidos



Figura No.15. Descarga de desechos sólidos inorgánicos, de ruta uno
Fuente: el autor, 2018

Anexo 12 Caracterización en ruta 2



Figura No.16. Toma de datos en gasto de gasolina de ruta número dos



Figura No.17. Recolección de desechos solidos

Anexo 13 Caracterización ruta 3



Figura No.18. Toma de tiempo en recolección por calles



Figura No.19. Recolección de desechos sólidos orgánicos

Anexo 14 Caracterización ruta 4



Figura No.20. Descarga de residuos sólidos orgánicos en Compostera Coxom Argueta



Figura No.21. Transporte de desechos sólidos de domicilio hacia vehículo



Mazatenango 31 enero 2019

MSc. Karen Rebeca Pérez
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Sur Occidente

Estimada maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de investigación Inferencial titulado: **"Evaluación actual del servicio de recolección de Residuos y Desechos sólidos, del casco urbano del municipio de Panajachel, Sololá**, realizado por el estudiante César Ivan Rodríguez Alvarado, quien se identifica con número de carné 201441628, dentro del programa de Ejercicio Profesional supervisado de la carrera de Ingeniería e Gestión Ambiental Local –EPSIGAL–.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Con altas muestras de estima y respeto.

Atentamente

Inga. Agra. Mirna Lucrecia Vela
Supervisora de EPSIGAL
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, 02 de abril de 2019.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Respetable Maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para informarle que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la Investigación titulada: **“Evaluación del servicio de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, Sololá”**, presentada por el estudiante: **César Ivan Rodríguez Alvarado**, quién se identifica con número de carné: 201441628, y con Código Único de Identificación: 34497638611005.

Por lo tanto, en mi calidad de revisora le informo que después de realizar el proceso que se me fue asignado y verificar la incorporación de las observaciones por parte del estudiante a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que se continúe con el proceso de mérito.

Respetuosamente, se despide de usted.

Atentamente,

Kharla Leicia Marysol Vides Rodas
Ingeniera en Gestión Ambiental Local
Revisora de Trabajo de Graduación IGAL
CUNSUROC



Mazatenango Suchitepéquez, 02 de mayo de 2019..

Señores
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

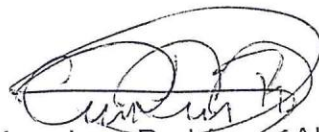
Respetables Miembros del Consejo Directivo:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación del sistema de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, Sololá”**; presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Sin otro particular me suscribo.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



César Ivan Rodríguez Alvarado
Carne: 201441628



Mazatenango 02 de mayo 2019

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Evaluación del Sstema de Recolección y Transporte de Residuos y Desechos Sólidos del Municipio de Panajachel, Sololá**", del estudiante **César Ivan Rodríguez Alvarado** con carné número **201441628**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por la Ingeniera en Gestión Ambiental Local, Kharla Leticia Marysol Vides Rodas, revisora del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC



Mazatenango Suchitepéquez, 13 de mayo de 2019.

Señores
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables Miembros del Consejo Directivo:

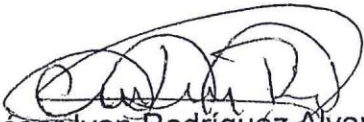
De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el Trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación del sistema de recolección y transporte de residuos y desechos sólidos del municipio de Panajachel, Sololá”**.

Trabajo presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado, con los padrinos: Ingeniero agrónomo Héctor Rodolfo Fernández Cardona, Ingeniera agrónoma Mirna Lucrecia Vela Armas y Licenciada Karen Rebeca Pérez Cifuentes, por lo cual solicito me sea concedido fijar fecha de graduación para el día 31 de mayo del presente año a las 17:00 horas.

Esperando que el trabajo de graduación merezca su aprobación me suscribo de ustedes.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


César Ivan Rodríguez Alvarado
Carne: 201441628



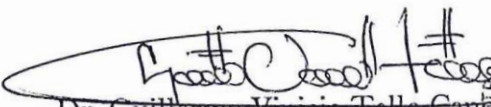
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO


CUNSUROC/USAC-I-01-2019

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el nueve de mayo de dos mil diecinueve_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE PANAJACHEL, SOLOLÁ" del estudiante: César Ivan Rodríguez Alvarado, Carné 201441628. CUI: 3449 76386 1105 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Dr. Guillermo Vinicio Tello Cantón
Director



/gris