

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES



TESIS

**CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE
RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL
LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A. Y SU ESTUDIO DE
PREFACTIBILIDAD**

MARÍA ALEJANDRA DÍAZ MONTERROSO

GUATEMALA, OCTUBRE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

TESIS

**“CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE
RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL
LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A. Y SU ESTUDIO DE
PREFACTIBILIDAD”**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

MARIA ALEJANDRA DIAZ MONTEROSO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

EN EL GRADO ACADÉMICO

DE LICENCIADA

GUATEMALA, OCTUBRE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR EN FUNCIONES
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely García Pirique
VOCAL V	Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

Guatemala, octubre de 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos De Guatemala

Distinguidos Miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el documento de graduación titulado:

“CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A. Y SU ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD”

Presentando como requisito previo a optar el título de ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de licenciado.

Esperando que el presente documento llene los Requisitos necesario para su Aprobación agradeciendo la atención prestada a la presente.

Atentamente

“Id y enseñad a todos”



María Alejandra Díaz Monterroso

ACTO QUE DEDICO

A MI ABUE (QEPD):

Luz Padilla, porque tú siempre soñaste con este momento para mí. Y el llegar hasta aquí es algo que no hubiese logrado sin todo lo que me enseñaste y me impulsaste a hacer. Perdón por no lograrlo cuando estabas en vida, pero espero que este logro te llene de dicha. Te amo por siempre.

A MIS PADRES:

Luz Monterroso y Ricardo Diaz quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más. Gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo constante y por el invaluable sacrificio por el cual yo estoy aquí hoy. Esto es un logro conjunto.

A MI HERMANO Y CUÑADA:

Ricardo Díaz y Alma López que estuvieron siempre con actos y palabras de apoyo durante todo este proceso.

A MIS SOBRINOS:

David, Daniela y Christopher espero servirles como una guía para que ustedes puedan alcanzar sus metas.

A MI AMOR:

Darwin te agradezco por ser parte de esta aventura y por ser quien nunca me dejó darme por vencida cuando las cosas se ponían más difíciles. Por creer en mí y amarme y apoyarme incondicionalmente. Agradezco que la vida puso en mi camino, un amigo, un soporte y un cómplice con el que puedo contar siempre, My endless love.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA

A LA GLORIOSA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

A MIS PROFESORES

A LA MUNICIPALIDAD DE SAN RAFAEL LAS FLORES

A MIS PADRES

AGRADECIMIENTOS

A MI PATRIA:

“Pequeña patria mía, dulce tormenta, un litoral de amor elevan mis pupilas y la garganta se me llena de silvestre alegría cuando digo patria, obrero, golondrina.”
O.C. Porque le debo mi formación profesional y como persona.

A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA:

Por formarme como una profesional consiente con mi país y permitirme tener el orgullo de ser egresada de esta casa de estudios

A TODOS MIS PROFESORES:

En especial al Ingeniero Hugo Tobías, al Ingeniero Ricardo Catalán y al Ingeniero Mario Méndez, por toda su dedicación en formarme y haberme proporcionado todos los conocimientos y consejos necesarios para alcanzar esta meta.

A MI ABUE (QEPD):

Luz Padilla, por compartir tu sabiduría, tu fuerza y tu amor conmigo. Por ser una segunda madre para mí y demostrarme que con lucha y esfuerzo todo es posible.

A MIS PADRES

Luz Monterroso y Ricardo Díaz, ya que sin todo su apoyo e incansable lucha esto no sería posible. Les agradezco cada palabra de aliento, amor incondicional, por no dejarme desmayar en los momentos más difíciles y por forjar la mujer y profesional que soy hoy en día.

A MI HERMANO Y CUÑADA

Por todo su amor, y apoyo que siempre me han brindado incondicionalmente.

A MI NOVIO

Por todo que sin tu amor, paciencia y apoyo esto no sería posible. Apareciste en el mejor momento de mi vida y te doy las gracias por siempre estar allí.

A MI TIO FREDDY

Porque a pesar de la distancia siempre estuviste conmigo con una palabra de aliento y mucho amor.

A MIS AMIGOS

Juan Ruiz, Bryan Flores, Camilo Sánchez, Paola Carrillo, Claudia Alvarado y José de la Roca. Por tantos años de amistad sincera, apoyo y cariño.

A MIS AMIGOS DE LA CARRERA

Vera Fion, Pamela Divas, Estefania Coronado, Yameli Lopez, Jorge Azzari, Manuel Musenkab, Jorge Arauz y a todos los de Gestión Ambiental con los que pude compartir, por su valiosa amistad y años de acompañamiento.

A LESTER LEIVA

Por toda su ayuda y apoyo en la elaboración de este documento.

AL PNUD

Por abrirme las puertas para realizar mis prácticas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Marco conceptual	4
2.1.1 Diferencia entre residuos y desechos sólidos.....	4
2.1.2 Clasificación de los residuos y desechos	4
2.1.3 Caracterización de residuos y desechos sólidos.....	9
2.1.4 Manejo de residuos y desechos sólidos	12
2.1.5 Consecuencias del mal manejo de la basura	18
2.1.6 Generación per cápita de residuos y desechos sólidos.....	20
2.1.7 Gestión integral de residuos y desechos sólidos.....	21
2.2 Marco referencial	22
2.2.1 Situación de la gestión de los desechos y residuos en Guatemala	22
2.2.2 Estudios de caracterización y manejo de desechos sólidos hechos en Guatemala ..	22
2.2.3 Características del área de estudio	24
3. OBJETIVOS	50
3.1 Objetivo general.....	50
3.2 Objetivos específicos	50
4. METODOLOGÍA.....	51
4.1 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.....	51
4.1.1 Planificación de la caracterización de los residuos y desechos sólidos.....	51

CONTENIDO	PÁGINA
4.1.2 Ejecución de la caracterización de residuos y desechos sólidos	56
4.2 Propuesta del plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos del municipio.....	66
4.2.1 Definición de la propuesta del plan de gestión integral de manejo integral de residuos y desechos sólidos del municipio	66
4.2.2 Elaboración de marco lógico	66
4.3 Elaboración del estudio de pre factibilidad del plan de manejo integrado de residuos y desechos sólidos comunes del municipio	68
4.3.1 Estudio de mercado	69
4.3.2 Estudio administrativo legal.....	75
4.3.3 Estudio técnico	78
4.3.4 Estudio ambiental.....	83
4.3.5 Estudio financiero.....	85
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	95
5.1 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores.....	95
5.1.1 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato domiciliario	95
5.1.2 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato comercial.....	116
5.2 Propuesta de lineamientos para un plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio San Rafael Las Flores.....	126
5.2.1 Planteamiento del problema.....	126

CONTENIDO	PÁGINA
5.2.2 Análisis de la problemática de la mala disposición de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores.....	128
5.2.3 Transformación de la problemática de la mala disposición de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores.....	130
5.2.4 Búsqueda de soluciones y planteamiento de alternativas	132
5.2.5 Matriz de marco lógico del plan integral de manejo de residuos y desechos sólidos	134
5.2.6 Líneas estratégicas del plan Integral de manejo de residuos y desechos sólidos...	138
5.3 Estudio de pre factibilidad del plan integral de manejo de residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores.....	165
5.3.1 Estudio de mercado.....	165
5.3.2 Estudio técnico	187
5.3.3 Estudio administrativo legal	203
5.3.4 Estudio ambiental	219
5.3.5 Estudio financiero	231
6. CONCLUSIONES.....	255
7. RECOMENDACIONES	256
8. BIBLIOGRAFÍA	257
9. ANEXOS	267
9.1 Rutas del muestreo.....	267
9.2 Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos.....	270
9.3 Ruta actual del tren de aseo.....	271

CONTENIDO	PÁGINA
9.4 Planos de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos	275
9.5 Perfiles de los trabajadores dentro del plan integrado de manejo de residuos y desecho sólidos.....	277
9.6 Trabajo de campo	291

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Estructura de dioxinas y furanos.	19
Figura 2. Mapa base del municipio San Rafael Las Flores, Santa Rosa.....	25
Figura 3. Mapa de taxonomía de suelos del municipio de San Rafael Las Flores.	29
Figura 4. Mapa de uso de suelos del municipio de San Rafael Las Flores.	30
Figura 5. Mapa hidrográfico del municipio de San Rafael Las Flores.	31
Figura 6. Mapa fisiográfico del municipio de San Rafael Las Flores.	35
Figura 7. Mapa de zonas de vida del municipio de San Rafael Las Flores.	37
Figura 8. Método para el cuarteo de muestras.	64
Figura 9. Prueba de densidad de los residuos y desechos sólidos.	65
Figura 10. Recipiente para el almacenamiento domiciliar de residuos y desechos sólidos.	100
Figura 11. Comportamiento de los pesajes por día en el estrato domiciliar.	107
Figura 12. Comportamiento de los pesajes por día en el estrato comercial.	120
Figura 13. Árbol de causas y efectos del plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos.	129
Figura 14. Árbol de medios y fines del plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos.	131
Figura 15. Etapas del manejo de los residuos y desechos sólidos.	139
Figura 16. Jerarquía del plan integral del manejo de residuos y desechos sólidos.	141
Figura 17. Estimación del crecimiento de viviendas y comercios.	181
Figura 18. Mapa de microregionalización.	187

FIGURA	PÁGINA
Figura 19. Mapa de ubicación del vertedero municipal.....	199
Figura 20. Plano 1 de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólido.....	201
Figura 21. Modelo de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.	202
Figura 22. Organigrama de la estructura administrativa del proyecto.....	209
Figura 23A. Muestreo realizado en el casco urbano.....	267
Figura 24A. Muestreo realizado en Sabana Redonda.	268
Figura 25A. Muestreo realizado en Las Nueces.	269
Figura 26A. Encuestas pasadas a viviendas y comercios.	270
Figura 27A. Plano 2 de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.	275
Figura 28A. Plano 3 de la planta de tratamiento de los residuos y desechos sólidos.....	276
Figura 29A. Reunión informativa con actores clave del municipio de San Rafael Las Flores.	291
Figura 30A. Vertedero municipal.....	292
Figura 31A. Entrevista a habitantes del municipio.	292
Figura 32A. Recolección diaria de desechos y residuos sólidos.....	293
Figura 33A. Separación de residuos y desechos sólidos.....	293
Figura 34A. Prueba de producción de residuos y desechos sólidos <i>per cápita</i>	294
Figura 35A. Prueba de composición física.....	294
Figura 36A. Prueba de densidad.	295

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Composición de los residuos sólidos.....	11
Cuadro 2. Datos meteorológicos, de la estación meteorológica “Los Esclavos”, San Rafael Las Flores, Santa Rosa.	26
Cuadro 3. Características fisiográficas del municipio de San Rafael Las Flores.....	32
Cuadro 4. Características de las zonas de vidas presentes en el área.....	36
Cuadro 5. Población del municipio de San Rafael Las Flores.....	38
Cuadro 6. Edad por rangos del municipio San Rafael Las Flores.	39
Cuadro 7. Pueblo de pertinencia del municipio San Rafael Las Flores.....	40
Cuadro 8. Cantidad de estudiantes por nivel educativo del municipio San Rafael Las Flores.....	42
Cuadro 9. Actividades comerciales en el municipio San Rafael Las Flores.	45
Cuadro 10. Número de muestras (viviendas) para la determinación de la producción per cápita –PPC- de cada estrato socioeconómico.	54
Cuadro 11. Comercios muestreados.....	60
Cuadro 12. Costo por metro cuadrado de la construcción.	86
Cuadro 13. Habitantes por hogar.	95
Cuadro 14. Tipo de recipiente para los residuos y desechos sólidos del estrato doméstico.	96
Cuadro 15. Ventajas y desventajas de los tipos de almacenamiento domiciliar de residuos y desechos sólidos.....	98

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 16. Frecuencia de recolección semanal del estrato domiciliario en el municipio de San Rafael Las Flores.....	101
Cuadro 17. Alternativas por falta de servicio de tren de aseo en el municipio de San Rafael Las Flores.....	104
Cuadro 18. Resumen de los pesajes por día del estrato domiciliario.....	107
Cuadro 19. Resultados prueba de composición física estrato domiciliario.....	111
Cuadro 20. Resultados de la prueba de densidad estrato domiciliario.....	115
Cuadro 21. Tipo de recipiente de los residuos y desechos sólidos del estrato comercial.....	116
Cuadro 22. Respuestas pregunta 2 del estrato comercial.....	117
Cuadro 23. Alternativas por falta de servicio de tren de aseo.....	118
Cuadro 24. Resumen de pesajes por día del sector comercial de San Rafael Las Flores durante muestreo.....	119
Cuadro 25. Resultados de la prueba de composición física estrato comercial.....	121
Cuadro 26. Resultados prueba de densidad estrato comercial.....	125
Cuadro 27. Resumen del planteamiento del problema.....	127
Cuadro 28. Propuestas de líneas estratégicas para el plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores.....	133
Cuadro 29. Matriz de marco lógico del plan integral de manejo de los residuos y desecho sólidos.....	135
Cuadro 30. Actividades del plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos.....	144
Cuadro 31. Cronograma de actividades de sensibilización.....	159
Cuadro 32. Fases para la formulación de políticas públicas.....	164

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 33. Habitantes por vivienda.	169
Cuadro 34. Tipo de recipiente para los residuos y desechos sólidos.	170
Cuadro 35. Cobertura del servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.	170
Cuadro 36. Frecuencia de recolección de los residuos y desechos sólidos.	171
Cuadro 37. Frecuencia de eliminación de residuos y desechos sólidos.	171
Cuadro 38. Conocimiento acerca del servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.	172
Cuadro 39. Objetos reciclables.	172
Cuadro 40. Análisis de mercado.	173
Cuadro 41. Barrido de calles.	173
Cuadro 42. Opinión del servicio de extracción.	174
Cuadro 43. Problemas en el servicio municipal.	175
Cuadro 44. Conocimiento acerca del reciclaje.	175
Cuadro 45. Participación en campañas de reciclaje.	176
Cuadro 46. Disposición de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.	177
Cuadro 47. Capacidad de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.	177
Cuadro 48. Mejoras al servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.	178
Cuadro 49. Disposición de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos si el servicio mejora.	179
Cuadro 50. Crecimiento de los residuos y desechos sólidos del estrato domiciliario.	182
Cuadro 51. Crecimiento de los residuos y desechos sólidos del estrato comercial.	183

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 52. Cálculos para la capacidad del camión recolector.	189
Cuadro 53. Frecuencia de recolección, días y horarios.	191
Cuadro 54. Costos de recolección.	194
Cuadro 55. Volumen de residuos y desechos sólidos generados en los siguientes 20 años.	196
Cuadro 56. Composición de los residuos y desechos sólidos anuales del año 2,038 del estrato domiciliar.	197
Cuadro 57. Composición de los residuos y desechos sólidos del año 2,038 del estrato comercial.	197
Cuadro 58. Porcentajes de materiales no reutilizables.	199
Cuadro 59. Relación de volumen generado de residuos y desechos sólidos con área disponible.	200
Cuadro 60. Costos de operación de la planta de tratamiento.	203
Cuadro 61. FODA del Plan integral del manejo integral de residuos y desechos sólidos.	204
Cuadro 62. Horarios de los trabajadores de la planta de tratamiento.	210
Cuadro 63. Planilla salarial trabajadores planta de tratamiento.	214
Cuadro 64. Descripción perfil de jefe de planta.	215
Cuadro 65. Insumos administrativos.	217
Cuadro 66. Matriz de impactos positivos y negativos del proyecto.	220
Cuadro 67. Matriz de Leopold.	225
Cuadro 68. Medidas de prevención, control y mitigación de los posibles impactos ambientales.	229
Cuadro 69. Costos de prevención, control y mitigación.	230

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 70. Costos de construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.	232
Cuadro 71. Costo de la mano de obra.	233
Cuadro 72. Costos por mobiliario e insumos de oficina.	234
Cuadro 73. Costo total de inversión.	235
Cuadro 74. Costo de operación del tren de aseo.	236
Cuadro 75. Costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.	237
Cuadro 76. Costos salariales.	238
Cuadro 77. Costos por servicios básicos.	239
Cuadro 78. Costos de producción.	239
Cuadro 79. Costos por prevención, mitigación y control.	240
Cuadro 80. Costos totales de operación.	241
Cuadro 81. Ingresos por cobro de tarifa ordinaria por extracción domiciliar de residuos y desechos sólidos.	243
Cuadro 82. Proyección de los ingresos por comercialización de materiales reciclables. .	245
Cuadro 83. Proyecciones de los ingresos por la producción de lombricompost.	246
Cuadro 84. Proyección de ingresos totales anuales.	247
Cuadro 85. Balance general de 20 años de la planta de tratamiento.	248
Cuadro 86. Estado de resultados de 20 años de la planta de tratamiento.	249
Cuadro 87. Flujo de caja de 20 años de la planta de tratamiento.	250
Cuadro 88. Relación beneficio de 20 años de la planta de tratamiento.	251
Cuadro 89. Rentabilidad de 20 años de la planta de tratamiento.	252

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 90. Valor actual neto de 20 años de la planta de tratamiento.	253
Cuadro 91A. Ruta actual del tren de aseo.	271
Cuadro 92A. Perfil del puesto de jefe de producción.	277
Cuadro 93A. Perfil del puesto de contador.	279
Cuadro 94A. Perfil del puesto de secretaria.....	280
Cuadro 95A. Perfil del puesto de piloto.....	282
Cuadro 96A. Perfil del puesto de recolector.....	283
Cuadro 97A. Perfil del puesto de separador.	284
Cuadro 98A. Perfil del puesto del personal a cargo del compost.....	285
Cuadro 99A. Perfil del puesto del personal a cargo de las trincheras.....	287
Cuadro 100A. Perfil del personal de seguridad.....	288
Cuadro 101A. Perfil del personal de mantenimiento.....	289

1. INTRODUCCIÓN

Cada país es responsable de contar con un plan de manejo para sus residuos y desechos sólidos de acuerdo con sus condiciones locales y económicas. Guatemala es un país con una tasa de crecimiento poblacional urbano de 2.13 % (INE, 2020), lo cual conlleva a un aumento constante de residuos y desechos sólidos. Por la falta de planificación territorial desde su inicio y la falta de políticas claras, las urbes y áreas rurales han crecido de forma desordenada agravando así la problemática de los desechos sólidos.

Se estima que la producción per cápita de residuos y desechos sólidos en el país es de 0.519 kg al día según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN– (2016). Si esto se multiplica por la población actual de 18,065,725 habitantes según datos del Instituto Nacional de Estadísticas –INE– (2020); hoy en día se genera un total de 9,376,111 kg de desechos y residuos diarios.

Se cuenta con un amplio marco legal a nivel nacional para poder legislar una gestión integral de manejo de desechos sólidos, como lo que es la Constitución Política de la República (1985), el Acuerdo Gubernativo 281-2015 (2015), el Código Municipal 12-2002 (2002) etc. Sin embargo, el Código de Salud (1997) del Ministerio de Salud Pública, en el artículo 102, delega la responsabilidad del manejo de los desechos sólidos a los gobiernos locales de cada municipio, es decir, todas las municipalidades deben contar con un proceso adecuado para la recolección, disposición y tratamiento de los residuos y desechos sólidos sin excepción alguna.

En el municipio de San Rafael Las Flores del departamento de Santa Rosa, se desconocían los datos acerca de la generación de desechos y residuos sólidos *per cápita*, así como la composición de estos hasta la realización de este estudio.

Para generar la información correspondiente a los residuos y desechos sólidos producidos en el municipio de San Rafael Las Flores se realizó la caracterización física y de composición de los desechos sólidos y residuos comunes.

Esta se llevó a cabo por medio de un muestreo en diferentes estratos del municipio, en el casco urbano y en tres aldeas aledañas, utilizando la metodología planteada por Kunitoshi Sakurai en la guía “Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos” (2000).

Dicha guía es utilizada actualmente por el MARN y proporciona los datos necesarios para que las municipalidades puedan manejar la cantidad y el volumen de los residuos y desechos generados en el área dependiendo su composición.

Posterior a la realización del estudio se concluyó que este municipio se encuentra sobre la media nacional de la producción *per cápita* en el estrato domiciliar con un 0.58 kg/persona/día. Esto puede deberse a que todos los residuos y desechos pasan a una etapa de disposición final sin que se reutilicen o reciban algún tratamiento previo para su revalorización.

En cuanto a la composición, el municipio mantiene el comportamiento normal de América Latina, en donde la mayoría de los desechos son de origen orgánico (ONU-HABITAT, 2012), y en este caso se evidencia con un 47 % de la muestra tomada. La densidad de los desechos obtenida durante la prueba fue de 494.88 kg/m³ lo cual tiene relación con el dato anterior acerca de la composición, ya que la mayoría de los desechos son orgánicos sin tratamiento y/o compactación.

Con los datos recabados se procedió a realizar un plan de gestión integral de los residuos y desechos sólidos con base en las características biofísicas y socioeconómicas del municipio ya que tampoco se contaba con uno anteriormente.

La municipalidad cuenta con un tren de aseo que recoge dichos desechos para posteriormente realizar su deposición final. Sin embargo, no se tiene un área apropiada para la disposición correcta de los residuos y desechos sólidos, ni tampoco se cuenta con una planta de tratamiento para dichos materiales.

Consecuentemente, este trabajo también hace una propuesta acerca de los lineamientos a considerar para la construcción de dichas obras y así mitigar los impactos de estos materiales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Diferencia entre residuos y desechos sólidos

Es frecuente la confusión entre 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 utilizado, recuperado o reciclado. 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 (Zamora, 2013).

2.1.2 Clasificación de los residuos y desechos

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 biodegradabilidad, combustibilidad, reciclabilidad, etc., todos estos factores intervienen en los criterios para su clasificación, es por esta razón que existen algunas discrepancias entre unas y otras clasificaciones (Barradas, 2009).

A. Clasificación de los residuos por su origen

a. Residuos domiciliarios

Según el BID (1997), es aquel “residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar”.

b. Residuos municipales

Residuo sólido o semisólido proveniente de las actividades urbanas en general. Puede tener origen residencial o doméstico, comercial, institucional, de la pequeña industria o del barrido y limpieza de calles, mercados, áreas públicas y otros. Su gestión es responsabilidad de la municipalidad o de otra autoridad del gobierno. Sinónimo de basura y de desecho sólido (BID,1997).

c. Residuos industriales

Proviene de la pequeña industria (baterías, confecciones de ropa, zapaterías, etc.) y talleres artesanales (sastrerías, carpinterías, de textiles, etc.). Este componente varía mucho de acuerdo a las características de las ciudades y podría representar entre 5 % a 30 % del total de residuos sólidos municipales (BID,1997).

d. Residuos mineros

Cerrato (2006), indica que “los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros”.

e. Residuos hospitalarios

Según FAO (2003), son los generados en los establecimientos que brindan servicios de salud y se componen de desechos asimilables a los domésticos, peligrosos y especiales”.

f. Residuos agropecuarios

Podemos definir como residuos agropecuarios aquellos generados en las actividades agrarias, ganaderas o silvícolas. Estos residuos son utilizados habitualmente en el marco de las explotaciones donde se generan y en la mayoría de los casos tienen una vocación de materia prima, ya sea con fines de abonado o con destino a la alimentación animal (Generalitat, 2008).

B. Clasificación de los residuos por su composición

a. Residuos orgánicos

México (2005), indica que son “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”.

Según el Consorcio Provincial de Residuos Sólidos Urbanos (s.f), los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Estos tienen un fuerte impacto sobre el medioambiente, contaminando la atmósfera, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas), debido principalmente a sus altos contenidos en materia orgánica y elementos minerales, y a la presencia de metales pesados, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales, etc., altamente contaminantes.

b. Residuos inorgánicos

Según Bautista (2010), “son aquellos que no se descomponen rápidamente de forma natural, es decir, no tienen un proceso de putrefacción. Muchos residuos inorgánicos se pueden reciclar o reutilizar. Los principales residuos inorgánicos son latas de aluminio, vidrios, metales”.

C. Clasificación de los residuos por su manejo

a. Residuos peligrosos

Son aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto con características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas o tóxicas, que representen un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente (FAO, 2003).

b. Residuos inertes

Son aquellos residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. No son solubles, ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana (Hormigos, 2014).

c. Residuos no peligrosos

Según ECOLEC (2018) Se pueden definir como “aquellos que no son ni inertes ni peligrosos. Así, por ejemplo, son residuos no peligrosos el plástico, el papel/cartón, o el metal, siempre que no estén contaminados por alguna sustancia peligrosa”.

D. Clasificación de los residuos por su estado

a. Residuos sólidos

Se puede definir como un residuo sólido cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado. Estos residuos sólidos son susceptibles o no de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo. No tienen ningún valor económico para el usuario, pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia (SEDESOL, 2005).

b. Residuos líquidos

Los residuales líquidos o aguas residuales se definen como la combinación de agua y residuos procedentes de residencias, instituciones públicas y establecimientos industriales, agropecuarios y comerciales, a los que pueden agregarse de forma eventual determinados volúmenes de aguas subterráneas, superficiales y pluviales. Son esencialmente aquellas aguas de abasto cuya calidad se ha degradado por diferentes usos (EcuRed, s.f.).

c. Residuos gaseosos

Según IndustriAmbiente (s.f.), se entiende por residuo gaseoso “un producto en estado gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, que carente de valor para su propietario, éste decide abandonar”.

2.1.3 Caracterización de residuos y desechos sólidos

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de República Dominicana (2017), “es un estudio de campo cuyo objetivo es determinar la cantidad de residuos que son generados en la actualidad por los diferentes tipos de fuente: doméstica, comercial, institucional, mercados, y barrido de calles”.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de República Dominicana (2017), indica que esta es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos: cantidad de residuos generada, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico. Mediante el conocimiento de la composición, se determinará los datos relacionados a la composición química y física de los residuos generados en el área de estudio.

Al momento de tomar decisiones en la gestión integral de los residuos sólidos es de vital importancia tener una caracterización para saber qué tenemos, con qué contamos y qué necesitamos. Por ejemplo, sabiendo cuánto genera cada persona y cada una de las actividades que se producen en el territorio, se puede calcular la tasa de cobros de arbitrios. La caracterización es la base principal para la elaboración de los planes municipales, y a la vez una herramienta para obtener resultados (MMARNRD, 2017).

Según el MMARNRD (2017), “esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también la planificación administrativa y financiera, ya que sabiendo cuánto generan cada una de las actividades que se producen en la localidad

se puede determinar el tipo de sistema a implementar y calcular la tasa de cobros de arbitrios”.

Existen varios métodos generales para determinar las cantidades y la composición de residuos y desechos sólidos, entre los principales están:

A. Análisis de pesaje total

Tchobanoglous (1994) define el análisis de pesaje total como el peso de la totalidad de los residuos que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido. También se le llama así al análisis del número de cargas que implica el pesaje en básculas de un número de cargas que llegan a los lugares de tratamiento o disposición final en un periodo determinado.

Según Pazmiño (2012), “consiste en el pesaje de los residuos sólidos en el Vehículo Recolector de una ruta determinada cuando ingresa a la estación de transferencia o en la disposición final”.

B. Análisis peso-volumen

En este método se determina el peso y el volumen de las cargas que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido, con lo que se puede conseguir las densidades suelta y compactada. Con base en el volumen de carga de los camiones se puede determinar el peso y en base a la densidad se puede tener una idea del tipo de material contenido en los camiones de carga, este aspecto es muy utilizado en la recepción de residuos en plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición (Runfola, 2009).

Pazmiño (2012) define esta metodología de igual manera como en el pesaje de los residuos sólidos, tanto cuando se encuentran compactados en el vehículo recolector respectivo, así

como, una vez que se procede a su descarga, lo cual permite determinar a más del peso de los residuos también el peso volumétrico.

C. Composición física de los residuos sólidos

La composición se refiere a los componentes/materiales individuales presentes en la masa de residuos y su distribución en porcentaje, normalmente en peso. La composición depende de los factores señalados para la generación. En Guatemala, los residuos orgánicos constituyen la fracción mayoritaria de los residuos domésticos (MMARNRD, 2017). Los residuos sólidos están compuestos de los tipos expuestos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de los residuos sólidos.

No.	Componentes
1	Papel
2	Cartón
3	Residuos alimenticios (orgánicos)
4	Plásticos
5	Vidrios
6	Metales
7	Tetrapack
8	Foam
9	Gomas, caucho y cuero
10	Material electrónico
11	Telas y material textil
12	Madera
13	Pilas
14	Poda y jardín
15	Pañales
16	Otros

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de República Dominicana, 2017.

2.1.4 Manejo de residuos y desechos sólidos

El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de reúso y reciclaje, tratamientos que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2007).

Para un manejo de residuos y desechos sólidos integral, todos los procesos deben de trabajar bajo una misma de acción. Lo más recomendable es que todo se encuentre a cargo de los gobiernos municipales y que previo al plan de manejo de desechos sólidos se realice una caracterización del tipo de desechos del área. Es importante conocer el tipo de residuos que se generan para poder elaborar un plan de manejo de desechos más eficiente (IARNA-URL,2012).

La falta de un plan de manejo de desechos y residuos sólidos conlleva a diferentes problemáticas como:

- El aumento de vertederos clandestinos o ilegales.
- Contaminación de los recursos naturales del área.
- Propagación de focos de enfermedades.
- Tendencia a la incineración o enterrar la basura (IARNA-URL (2012)).

Según el IARNA-URL (2012), la generación diaria de desechos sólidos domiciliarios, en el 2003, era de 4,568.79 T y únicamente el 31.48 % de esta era recolectada para una disposición final adecuada. El resto fue quemado, incinerado o enterrado, debido a la falta de un plan de manejo de desechos sólidos efectivo, que es más evidente en las áreas rurales del país.

A. Generación

La primera actividad relacionada al proceso de gestión de residuos es, según Fraume (2007), “su generación, considerando esta actividad como la acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo, por medio de un generador, que puede ser una persona física o moral que los produce”.

Según Zamora (2013) la generación de residuos sólidos es el indicador más importante para dimensionar la escala que deberán tenerlos distintos servicios del manejo de residuos y prever las dificultades que se encontraran en los procesos (especialmente 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).

B. Segregación

Chung e Inche (2002) definen segregación de los residuos y desechos sólidos como la acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial. Para entender y diseñar un apropiado Plan de Gestión de Residuos Sólidos, es necesario conocer cómo se clasifican los residuos sólidos y de ahí elegir el o los tipos de residuos que abarcará el plan a fin de elegir la técnica adecuada para su tratamiento.

La segregación desde la fuente es una técnica que consiste en la separación de residuos por parte de los vecinos de la zona, escogiéndose aquellos que puedan ser reciclados. Estos residuos reciclables van en un contenedor a un centro de acopio donde son separados y luego comercializados (Chung, 2002).

C. Almacenamiento de los residuos y desechos sólidos

El Ministerio de Ambiente de Perú (2015) lo define como “operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo hasta su disposición final”.

Figuroa (2008) define almacenamiento de la misma forma, “acumulación o depósito temporal en recipientes o lugares de basura y residuos sólidos de un generador o una comunidad, para su posterior recolección, aprovechamiento, transformación, comercialización o disposición final”. El almacenamiento se clasifica de la siguiente forma:

a. Almacenamiento domiciliario

Según Jaramillo (2002), es la “acción del generador de depositar temporalmente los residuos retenidos en condominios, edificios multifamiliares, viviendas etc”.

b. Almacenamiento no domiciliario

Según Jaramillo (2002) es la acción del generador de depositar temporalmente los residuos retenidos en centros comerciales, edificios públicos, edificios privados, bancos, centros de recreación etc”.

D. Tren de aseo

Corresponde al servicio de recolección de los residuos y desechos sólidos y traslado hacia al lugar donde deberán ser descargados. Esto puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. Los vehículos

destinados al transporte de residuos y desechos sólidos deben reunir las condiciones propias para esta actividad (Jaramillo, 2002).

E. Disposición final

Según Jaramillo (2002), la disposición final de los desechos recolectados es el eslabón final de la cadena de gestión de residuos sólidos como parte del saneamiento ambiental. Es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos. Puede incluir varias técnicas como los son: rellenos sanitarios, plantas de incineración, centros de valorización y recuperación incluyendo el compostaje, coprocesamiento y otras.

F. Compostaje

Barradas (2009) define el compostaje como “la forma de disposición de los desechos biodegradables, se relaciona a la imitación del proceso de transformación que ocurre en el suelo de un bosque, la fase industrial del proceso lo acelera, intensifica y dirige de manera artificial”.

Lo que se desea alcanzar en todo este proceso es la transformación de materiales orgánicos biodegradables en materiales biológicamente estables y la reducción del volumen original de los residuos. En este proceso se destruyen los agentes patógenos, huevos de insectos y otros organismos no deseados presentes en los desechos, todo ello para retención el máximo contenido nutricional y utilizar como un producto útil para crecimiento de las plantas. (Bautista,2009).

G. Incineración

Según Barradas (2009), durante este proceso térmico de los desechos son sometidos a una oxidación química mediante un exceso de oxígeno. Resultante de ello son producidos gases calientes de combustión, compuestos principalmente de nitrógeno, monóxido de carbono y vapor de agua liberados por las chimeneas de estos equipos y cenizas de fondo que se alojan en la cámara principal de los incineradores.

El proceso en general consiste en secar la basura dentro del horno, elevando la temperatura de la misma hasta el grado de incineración, a la vez que se introduce el aire necesario para la combustión. El poder calorífico de la basura oscila entre límites bastantes amplios de acuerdo con su composición (Barradas, 2009).

Al quemar la basura se producen gases muy contaminantes como el dióxido de carbono y óxido de azufre, residuos sólidos que ya no se quemarán y que son muy contaminantes, cenizas volátiles y otras partículas dañinas para nuestra salud. Los plásticos son los que producen más humo y son más peligrosos, ya que pueden causar cáncer (Bautista, 2009).

H. Relleno sanitario

El BID (1997) describe los rellenos sanitarios como la técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales; comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte por lo menos diariamente y el control de los gases, lixiviados, y la proliferación de vectores, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

I. Vertederos

Según el BID (1997), es “el lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma indiscriminada sin recibir ningún tratamiento sanitario”.

a. Vertedero municipal

La deposición ordenada de los residuos sólidos en lugares preparados para tal fin por un gobierno municipal. Este tipo de vertedero debe cumplir las disposiciones legales vigentes en cuanto a regulación, control y autorizaciones y deben ser estudiados sus impactos ambientales, sociales y económicos con anterioridad (Reciclame, s.f.).

b. Vertederos clandestinos

Vertedero que suele estar en cualquier explanada retirada, barranco, agujero, margen de río, donde se descargan de cualquier forma los residuos. Este tipo de vertido puede ser realizado tanto por particulares que desean perder algunos objetos de vista de la forma menos costosa posible, o como algunos municipios pequeños, que debido a la falta de medios gestionan de esta forma sus residuos urbanos (Reciclame, s.f.).

J. Aprovechamiento

Según el MMARNRD (2017), es “el volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo, que constituyen residuos sólidos. Se reconoce como técnica de aprovechamiento al reciclaje, recuperación y reutilización de los mismos”.

2.1.5 Consecuencias del mal manejo de la basura

A. Contaminación

Es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua que puede afectar nocivamente la vida humana. Se puede interpretar que contaminación es el desequilibrio que se produce al ambiente y que perjudica al hábitat, alterando su normal desarrollo, el mismo que se da por la presencia de sustancias nocivas producidas fuera del estado natural del medio (De La Orden, 2009).

La contaminación ambiental según Mouvier (1996), es la presencia de cualquier agente dañino, o bien de una combinación de éstos, ya sea en diferentes formas y lugares, tales que puedan ser nocivos para la seguridad o el bienestar de la población, y a su vez perjudicial para la vida vegetal y animal. En efecto, la contaminación ambiental es un problema que afecta al planeta y todo lo que esté en él; y, que surge del resultado de la incorporación de sustancias ajenas a la naturaleza.

B. Desechos

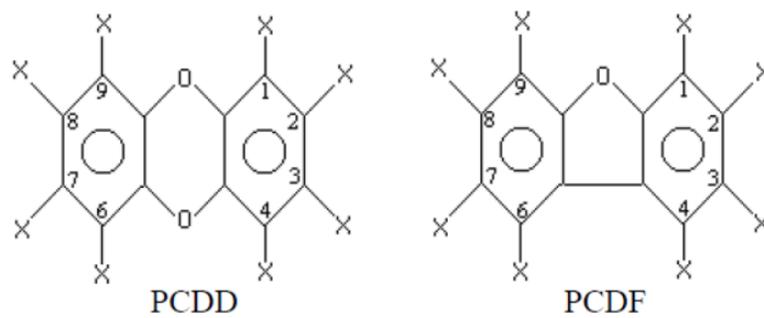
Corresponden a aquellos materiales y/o productos post consumo, así como excretas humanas o animales y restos vegetales, no deseados por quien los genera o posee y que se tienden a eliminar, frecuentemente de manera ambientalmente inadecuada, aun cuando puedan ser susceptibles de aprovechamiento, reintegración a la naturaleza o reincorporación a las cadenas productivas, por limitaciones técnicas, económicas, sociales, legales, políticas y/o administrativas (Cortinas, 2014).

C. Dioxinas y furanos

Según Pérez (2012) las dioxinas y furanos son designaciones cortas y colectivas para las dibenzo-p-dioxinas policlorinadas (PCDD), y los dibenzofuranos policlorinados (PCDF). Ambas clases son compuestos orgánicos tricíclicos, clorosustituídos, y por lo tanto clasificados químicamente como hidrocarburos aromáticos halogenados. Las dos son similares en su estructura y en sus propiedades físicas y químicas.

El número de sustituyentes de cloro puede ir de uno a ocho, lo cual significa 75 posibles cogéneres (miembros del grupo) de PCDDs y 135 posibles cogéneres de PCDFs. Una dibenzodioxina policlorinada consta de dos anillos de benceno unidos por medio de dos átomos de oxígeno. Un dibenzofurano policlorinado es similar, pero solamente tiene un átomo de oxígeno. Las fórmulas estructurales de estos compuestos se expresan por medio de los siguientes diagramas (Pérez, 2012).

Las "X" mostradas en la figura 1. Pueden representar átomos de H, Cl, o Br. Las posiciones y número de átomos de cloro hacen la diferencia en las propiedades químicas y tóxicas de los compuestos individuales. De estos compuestos el más estudiado es el 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (Perez, 2012). Esto puede observarse en la figura 1.



Fuente: Pérez (2012).

Figura 1. Estructura de dioxinas y furanos.

D. Lixiviados

Novelo (2009) indica que “los lixiviados son el resultado de la percolación de líquidos a través de los desechos en proceso de estabilización; es decir, líquidos que brotan a la superficie o se infiltran hacia el terreno donde se encuentra instalado un relleno sanitario o un vertedero de basura”.

Giraldo (1997) indica que existen numerosas caracterizaciones de los lixiviados en donde se hace énfasis en su alto poder contaminante. Se concluye usualmente que los lixiviados contienen toda característica contaminante principal, es decir, alto contenido de materia orgánica, alto contenido de nitrógeno y fósforo, presencia abundante de patógenos e igualmente de sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos.

E. Residuos

Constituyen materiales o y/o productos post consumo, así como excretas humanas o animales y restos vegetales, que se sujetan a sistemas de gestión regulados en los que predominan los esquemas de comando y control una vez que han sido generados, los cuales cada vez más incluyen programas de separación, recolección selectiva y reciclaje de materiales valorizables, pero que de no lograrse esto, manejan a los residuos como desechos destinándolos a tratamiento o disposición final mediante su incineración o depósito en celdas de confinamiento (Cortinas, 2014).

2.1.6 Generación per cápita de residuos y desechos sólidos

Zamora (2013) indica que la generación de residuos sólidos por hogar o producción per cápita –PPC–, es un indicador relacionado con los patrones de los procesos de producción, consumo y la población del país. Es decir, es una razón entre la evolución del balance de

residuos, visto desde la perspectiva de la oferta frente a la evolución demográfica de todo el territorio nacional dada en el periodo definido que para este indicador es anual.

La generación de residuos per cápita muestra la evolución de las necesidades de producción y los patrones de consumo de la población del territorio nacional para un periodo determinado; este indicador es un indicador de contaminación, pero también puede usarse como un indicador de intensidad en el uso de recursos disponibles (Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia, 2016).

Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (2018) para obtener la PPC se registra el peso de la muestra por vivienda según por medio de balanzas de pie. Se procede a sumar el peso de todas las muestras de las viviendas en libras o kilogramos y este se divide por el número de habitantes que residen en las viviendas (personas). Este dato, a su vez, es dividido por el número de días que fueron recolectadas las muestras como puede observarse en la ecuación siguiente:

$$PPC = \left(\frac{\text{Peso total de las muestras (libras o kilos)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} \right) * \frac{1}{7}$$

2.1.7 Gestión integral de residuos y desechos sólidos

El Ministerio de Ambiente de Perú (2016) define la gestión de residuos como “toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación, de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos de ámbito nacional, regional y local”.

La gestión de los residuos inicia con el proceso de recolección, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho, ellos son los materiales producidos por la actividad humana, dicha gestión busca reducir sus efectos sobre la salud y el

ambiente. La gestión de los desechos es también llevada a cabo para recuperar los propios recursos de dichos residuos (Carreaga, 1993).

2.2 Marco referencial

2.2.1 Situación de la gestión de los desechos y residuos en Guatemala

De acuerdo con estudios y estimaciones de la CONADES (2012), el país tiene una generación per cápita de residuos y desechos comunes en los municipios que oscila entre 0.48 kg/hab/día y 0.61 kg/hab/día. Se tiene en cuenta que la proyección estimada de población para el año 2020 es de 18,065,725 habitantes, se estima una generación de aproximadamente entre 8,200 T/día y 11,020 T/día de residuos y desechos comunes para ese año. De esta el 50 % de residuos y desechos se genera en el área metropolitana, donde los residuos y desechos son dispuestos en un botadero controlado.

A nivel país se tiene una cobertura del servicio de recolección del 77.70 %, de estos se disponen sanitariamente el 15.40 % de los residuos generados, el 9.60 % se dispone en botaderos controlados, y el resto (75 %) en basureros a cielo abierto o botaderos. En más de 254 municipios del territorio nacional, los cuales están distribuidos en 22 departamentos, de acuerdo con la identificación de basureros y disposición final de las basuras, al 30 de noviembre de 2007, se identificó la existencia de 1,173 basureros, donde en 454 de estos, los desechos son arrojados sobre vertientes de agua y en ríos o lagos (Zamora, 2013).

2.2.2 Estudios de caracterización y manejo de desechos sólidos hechos en Guatemala

En el país a pesar de que es un requerimiento del MARN la caracterización y el plan de manejo de desechos sólidos, no todos los municipios cumplen con esto. Algunos de los estudios existentes son:

- Propuesta de un plan de manejo integral de los desechos sólidos, diagnóstico y servicios en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez, Guatemala, C.A (Blas, 2017).
- Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango (Zamora, 2013).
- Plan de manejo integral de los residuos sólidos orgánicos en el mercado La Parroquia, Ciudad de Guatemala (Mejía, 2017).
- Manejo de residuos y desechos sólidos generados en comunidad “La Reina”, aldea El Rodeo, Escuintla (Molina, 2018).
- Manejo integral de desechos sólidos caso: Barrio La Democracia, Ciudad de Jutiapa (Galvez, 2018).
- Caracterización de los residuos y desechos sólidos de la aldea Guineales, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá (Cosoguá, 2018).
- Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala (Alvarado, 2010).
- Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio la Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario (Duarte, 2008).
- Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas De La Meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez (Ángel, 2005).
- Caracterización y propuesta de manejo de desechos sólidos, diagnóstico y servicios en la cabecera municipal de Esquipulas, Departamento de Chiquimula, Guatemala, C.A. (López, 2017).

Los estudios de caracterización que se mencionan han sido elaborados como este estudio para el planeamiento de un plan de manejo de residuos y desechos sólidos ya que se necesita diagnosticar la situación que se vive en la actualidad para poder así trazar soluciones a la problemática de los desechos.

Estos estudios plantean alternativas para evitar la degradación del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los habitantes del área evaluada. Varios de éstos utilizan la misma metodología para la caracterización planteada en este documento.

A diferencia de los mencionados estudios, este trabajo cuenta adicionalmente con un estudio de pre factibilidad que contiene: estudio de mercado, estudio administrativo legal, estudio técnico, estudio de impacto ambiental y estudio financiero.

2.2.3 Características del área de estudio

A. Ubicación del municipio de San Rafael Las Flores

El municipio de San Rafael Las Flores se encuentra localizado en: latitud N 14° 28' 28", y longitud O 90° 10' 52" y este tiene una extensión territorial de 84 km². Sus colindancias son: al norte: con el municipio de Mataquescuintla, Jalapa; al sur: con el municipio de Casillas, Santa Rosa; al oriente: con los municipios de San Carlos Alzatate, Jalapa y Casillas, Santa Rosa; y al occidente: con el municipio de Casillas, Santa Rosa (SEGEPLAN, 2010). En la figura 2 se presenta el mapa de San Rafael Las Flores en cual se muestra su ubicación y sus vías de acceso.

B. Extensión territorial

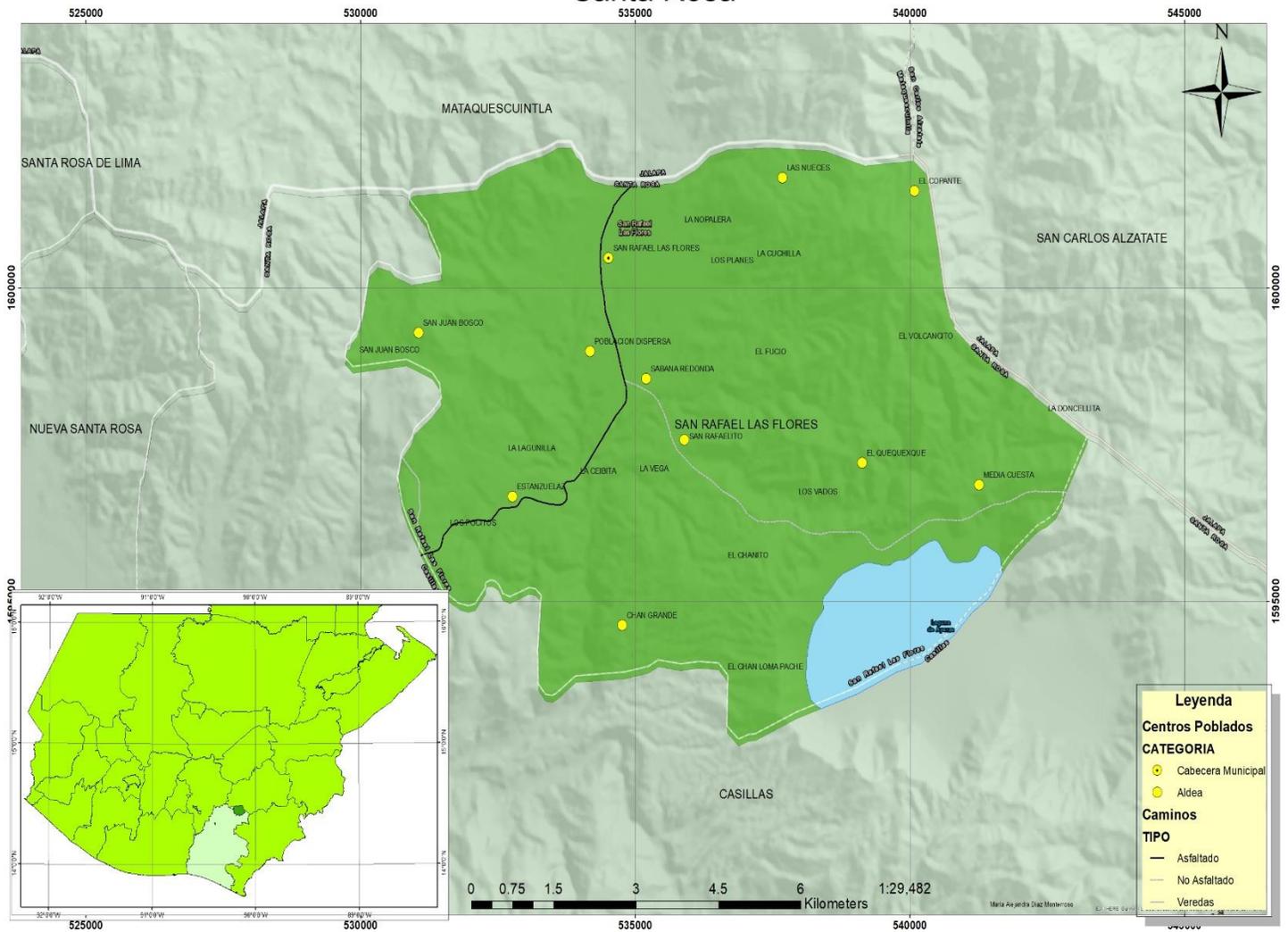
Con base en el Instituto Geográfico Nacional (IGN, s.f.) "el municipio tiene una extensión territorial de 84 km².

C. Vías de acceso

Para poder acceder al municipio de San Rafael Las Flores se puede realizar por la carretera departamental Santa Rosa (RD-SRO-03), rumbo suroeste, hay 18 km a Casillas, al suroeste 7.5 km a Nueva Santa Rosa y 1.5 km a Santa Rosa de Lima, de donde en dirección oeste suroeste son aproximadamente 20 km a Barberena, que entronca con la carretera

Interamericana CA-1, que rumbo este-sureste 8 km. conduce a la cabecera departamental de Cuilapa.

Mapa Base del Municipio San Rafael Las Flores, Santa Rosa



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 2. Mapa base del municipio San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

D. Características biofísicas

a. Datos meteorológicos

En el municipio de San Rafael Las Flores se utiliza la estación meteorológica “Los Esclavos”, ubicada en el departamento de Santa Rosa, la cual se encuentra a 737 m s.n.m. para obtener los datos de precipitación y temperatura media dentro del municipio, los cuales se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Datos meteorológicos, de la estación meteorológica “Los Esclavos”, San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

Año	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Lluvia media (mm)	Velocidad del viento media (km/h)	Humedad relativa media (%)
1980	30.65	17.23	21.34	1,479.80	1.34	60.94
1981	30.54	6.04	22.88	1,974.60	1.27	60.81
1982	31.17	17.11	24.22	1,820.10	1.32	61.88
1983	31.53	17.72	22.81	1,614.40	1.19	80.12
1984	30.79	16.89	23.21	1,974.30	1.08	77.96
1985	31.23	16.74	23.44	1,684.60	1.39	64.09
1986	30.75	16.02	23.16	1,549.50	1.43	74.87
1987	32.07	17.13	20.24	1,277.10	1.58	59.67
1988	31.10	17.39	23.82	1,549.50	1.34	65.47
1989	31.17	16.52	23.05	2,058.60	1.55	78.17
1990	31.51	17.43	23.79	1,616.80	2.22	68.10
1991	31.22	17.05	21.76	1,399.40	1.67	60.61
1992	32.02	16.84	23.73	1,546.60	1.29	64.35
1993	31.31	16.97	23.96	1,632.30	1.39	59.79
1994	31.21	18.09	24.28	1,525.20	2.01	78.11
1995	30.99	18.10	24.55	2,073.60	1.25	64.50
1996	31.88	17.78	24.28	2,092.00	1.96	81.95
1997	31.31	19.19	24.73	1,477.20	1.64	87.01
1998	31.21	19.35	24.74	1,900.80	1.66	56.32
1999	30.79	18.86	24.07	1,715.60	1.67	86.68
2000	31.47	18.60	24.53	1,915.30	1.94	89.17

Continuación cuadro 2.

Año	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Lluvia media (mm)	Velocidad del viento media (km/h)	Humedad relativa media (%)
2001	31.63	9.11	24.76	1,414.60	-6.32	72.82
2002	31.72	19.16	25.02	1,217.20	2.35	74.56
2003	31.06	19.68	24.81	1,566.60	3.30	75.46
2004	31.04	19.73	24.74	1,642.20	1.51	92.95
2005	30.81	19.27	27.24	1,710.70	1.07	58.98
2006	30.84	19.93	24.65	1,362.50	1.33	85.73
2007	30.84	19.16	24.63	1,677.70	2.76	79.77
2008	30.52	19.02	24.42	2,761.70	2.34	80.04
2009	31.09	19.17	24.76	2,105.20	2.77	78.57
2010	30.17	18.89	24.19	189.60	2.26	79.55
2011	31.03	17.17	24.09	2,669.90	1.93	77.84
2012	31.24	17.91	24.82	1,828.20	2.42	77.99
2013	31.11	18.63	24.66	1,935.70	2.25	77.44
2014	31.17	18.58	24.65	1,748.60	2.60	77.25
2015	31.60	18.88	25.02	2,214.00	2.41	76.90
2016	31.54	18.98	25.19	1,539.90	2.47	77.72
2017	30.91	18.63	24.79	1,583.50	2.36	78.90
2018	31.37	18.54	25.05	1,655.30	2.56	78.35
2019	31.44	18.65	24.98	1,570.30	2.73	79.92
2020	33.09	16.86	24.98	1,635.20	2.98	78.05

Fuente: INSIVUMEH, 2020.

Se solicitó la información acerca de la dirección de los vientos, sin embargo, la estación del INSIVUMEH no contaba con esta información.

b. Suelos

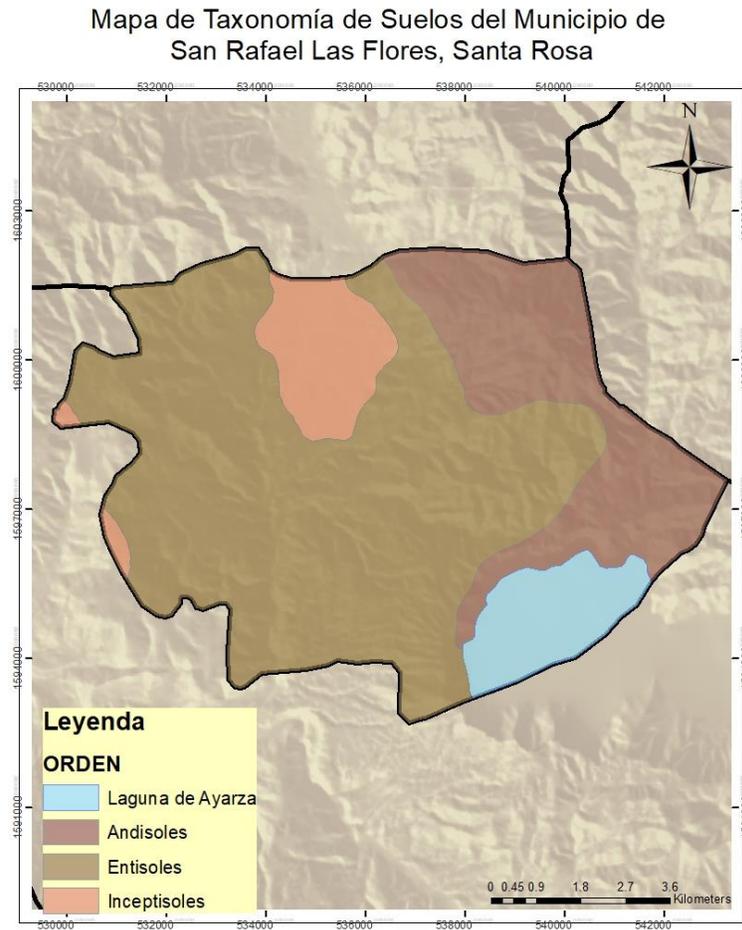
i. Clasificación de suelos

De acuerdo a la figura 4 del mapa de suelos elaborado con ArcGIS® los tipos de suelos que se pueden encontrar en el municipio son los entisoles, andisoles e inceptisoles. Predominan los entisoles lo que quiere decir que la mayoría de suelos. Son suelos minerales derivados

tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada.

Los andisoles se encuentran en menor cantidad y son suelos desarrollados sobre materiales piroclásticos depositados por erupciones volcánicas cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados en las erupciones. El origen de estos suelos se debe al rápido enfriamiento de los materiales expulsados, que no permite la cristalización de los minerales con un alto grado de ordenación, resultando así un material vítreo o vidrio volcánico amorfo (Universidad Técnica de Valencia, s.f.).

En muy poca cantidad están presentes los suelos del orden inceptisol los cuales son suelos derivados tanto de depósitos fluviónicos como residuales, y están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria. Son superficiales a moderadamente profundos y de topografía plana a quebrada, representándose en la figura 3.

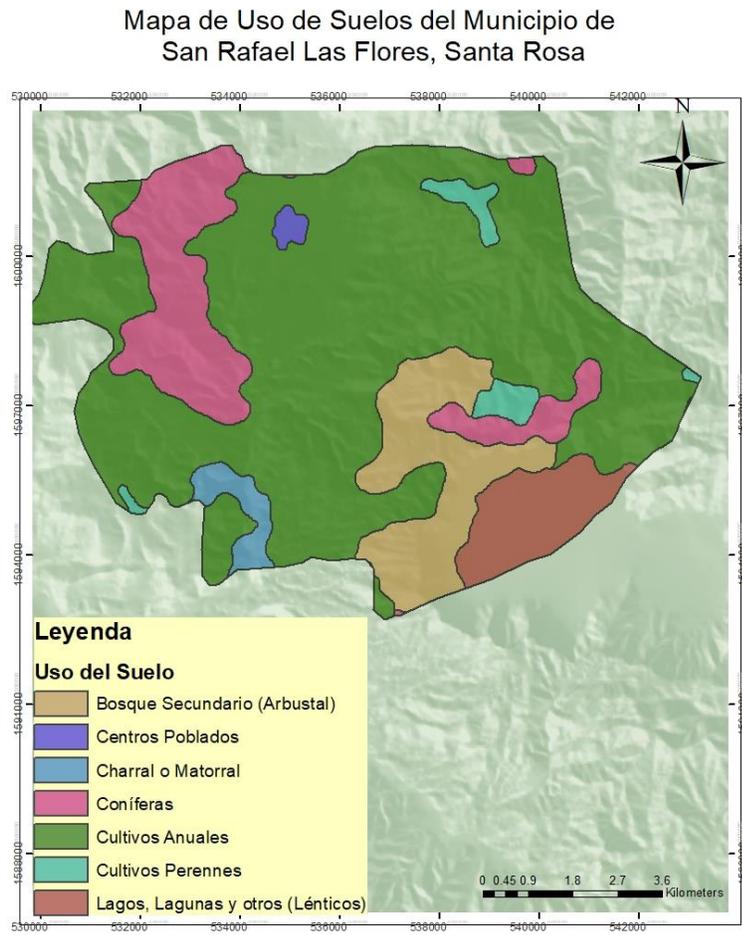


Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 3. Mapa de taxonomía de suelos del municipio de San Rafael Las Flores.

ii. Uso de la tierra

Según el INE (2002), “en el municipio de San Rafael Las Flores el 40 % de la superficie cultivada se utiliza para cultivos anuales o temporales, el 30 % para cultivos permanentes, el 15 % para pastos y el 15 % es bosque”. Al analizar las microrregiones dentro del municipio la mejor productividad agrícola se encuentra en las que son cercanas al casco urbano, en donde existe gran potencial en cultivos anuales durante todo el año, y en las partes altas cultivos como el café como lo muestra la figura 4.



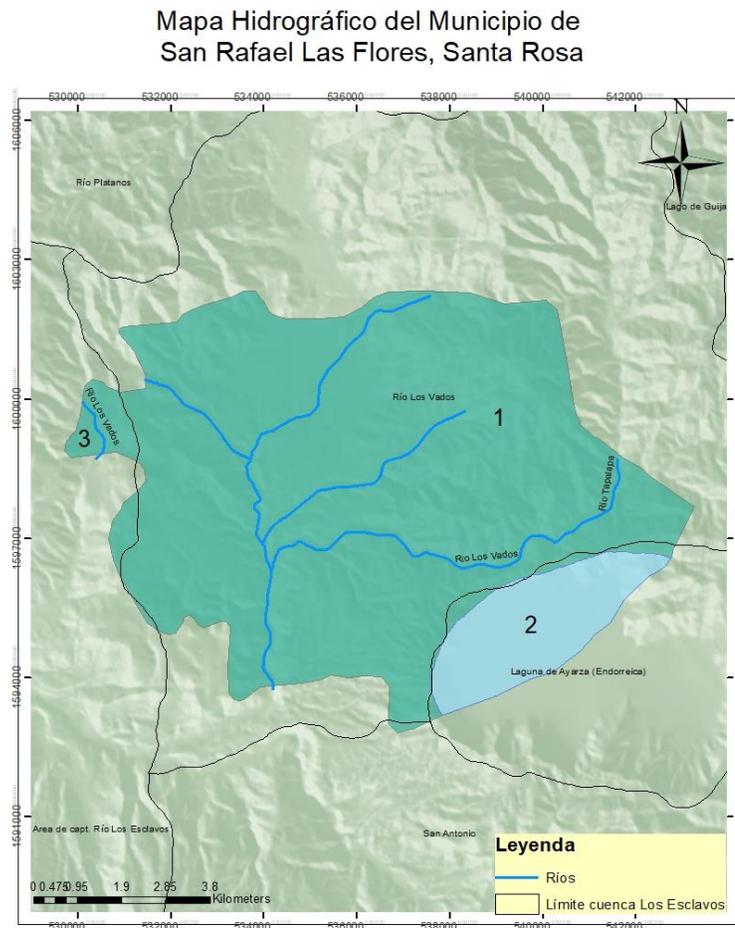
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 4. Mapa de uso de la tierra del municipio de San Rafael Las Flores.

c. Hidrografía

Las cuencas que se encuentran dentro del municipio se identifican con número en la figura 5, son las siguientes:

1. Cuenca Tapalapa, río Los Esclavos.
2. Cuenca Laguna de Ayarza (endorreica).
3. Cuenca Las Minas, río Los Esclavos.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 5. Mapa hidrográfico del municipio de San Rafael Las Flores.

d. Fisiografía

De acuerdo con la figura 6, la fisiografía del municipio se divide en Montañas Volcánicas del Centro del País y la Caldera de Ayarza. Las características de cada gran paisaje se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características fisiográficas del municipio de San Rafael Las Flores.

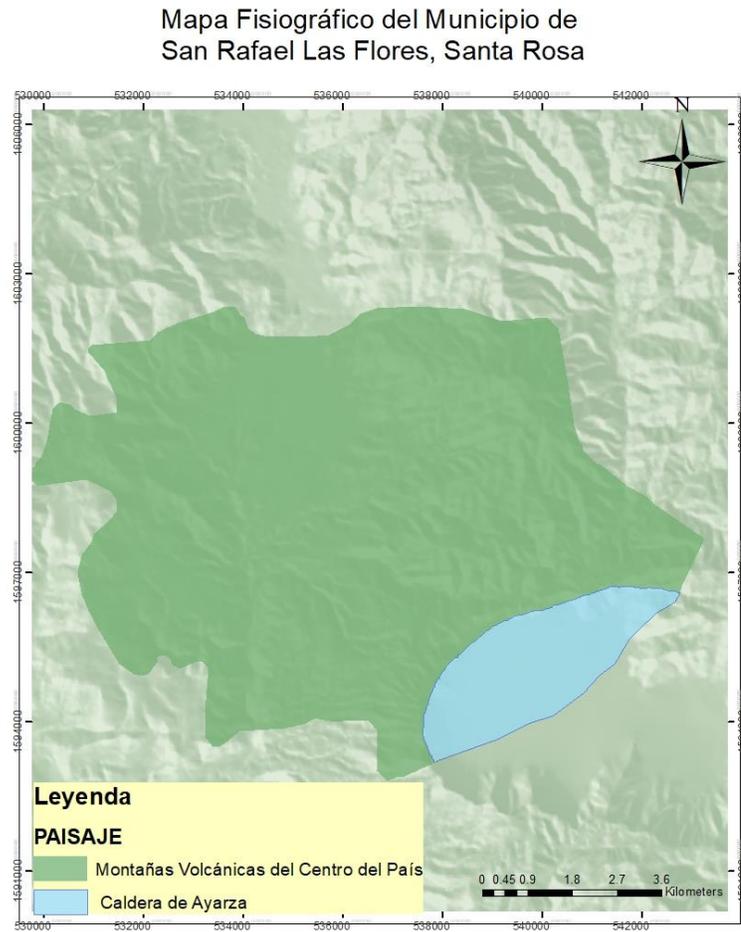
Gran paisaje	Morfología	Tipo de roca	Morfogénesis	Morfocronología
Montañas Volcánicas del Centro del País	Es una gran franja de terreno que se extiende de noroeste a sureste. El relieve está caracterizado por valles con laderas de pendientes muy fuertes y en algunos lugares escarpadas. Las divisorias suelen ser angostas. La presencia de colinas de forma cónica sugiere la existencia de viejos conos volcánicos con alturas mayores de los 2,500 m s.n.m. como los cerros al noreste de Sololá, norte de Tecpán, sur de Patzún (Los Encuentros), la Montaña El Soco al suroeste de San Andrés Itzapa, sur de Palencia, Este de Mataquesuintla. Un rasgo volcánico que caracteriza esta unidad es que	Las rocas típicas de esta unidad son de tipo volcánico, como andesitas y basaltos en su mayor parte. Además, se encuentran flujos riolíticos (obsidianas y perlitas), piroclastos, aglomerados, tobas e ignimbritas.	Al parecer, la zona durante el Cretácico tardío hasta el Paleoceno temprano, las rocas ígneas consistentes de granodiorita, diorita y monzonita, instruyeron las series cretácicas, originando un movimiento geotectónico agudo, con amplios levantamientos, subsidencias locales, fallas y plegamientos. A través de los períodos del Mioceno al Plioceno, ocurrieron grandes erupciones volcánicas en todas las partes al sur de la falla del Motagua. Las actividades iniciales, principalmente en el Mioceno, lanzaron grandes cantidades de tobas dacíticas y lavas basálticas a andesíticas; mientras que las actividades secundarias ocurridas en el Plioceno, lanzaron	La edad de esta geoforma es compleja, ya que comprende desde finales del Terciario hasta principios del Cuaternario.

Gran paisaje	Morfología	Tipo de roca	Morfogénesis	Morfo cronología
	dentro de ésta, se encuentran las calderas de Atitlán, Amatitlán, Ayarza y un intenso fallamiento volcánico que ha formado horsts y grabens. Otro aspecto que caracteriza esta geoforma, es también el afloramiento de pequeñas masas intrusivas y carbonatos del basamento Cretácico		volúmenes importantes de flujos andesíticos y riolíticos con flujos piroclásticos. Supuestamente, los centros de estas erupciones volcánicas se localizaban dentro de las cuencas intermontañas actuales en focos ya inactivos. Después, hubo un período relativamente calmado que duró hasta el Pleistoceno temprano, durante el cual la superficie de las cuencas intermontañas fueron ampliándose, a través de los efectos de erosión. Luego empezaron los movimientos de bloques, levantamientos, fallas y subsidencia de las áreas locales. Durante el Pleistoceno medio, ocurrieron grandes erupciones que arrojaron materiales volcánicos ácidos (pómez) a lo largo de la zona volcánica, los que cubrieron la topografía terciaria y originaron zonas con relieve suave.	

Continuación cuadro 3.

Gran paisaje	Morfología	Tipo de roca	Morfogénesis	Morfocronología
Caldera de Ayarza	Su forma es ovalada, con el eje orientado en sentido E-O. En el fondo de la caldera se encuentra la laguna de Ayarza, a una altura de 1,410 m s.n.m., el nivel del espejo de agua, en el fondo de la caldera se encuentra a 340 m de profundidad en relación con los bordes. Las paredes más altas de la caldera están orientadas hacia el noreste. Las pendientes son mayores al 60 %. Aparentemente, la laguna drena en forma subterránea.	Está compuesta por rocas volcánicas en su mayor parte, aunque en la base existen algunas calizas.	Debido al origen volcánico, la presencia de esta depresión hace pensar que la misma tuvo su origen por colapsamiento del terreno. Esta depresión está rodeada por fallas longitudinales en sentido N-S, NE-SO y NO-SE existiendo una falla con orientación en sentido E-O, siendo todas de tipo volcánico. La erosión subsiguiente a este proceso tectónico-volcánico, terminó de modelar la forma actual de la unidad.	La edad de esta unidad se considera del Plioceno al Pleistoceno

Fuente: elaboración propia con datos de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2001.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 6. Mapa fisiográfico del municipio de San Rafael Las Flores.

e. Zonas de vida

Las zonas de vida presentes en el municipio de San Rafael Las Flores son dos: el bosque húmedo subtropical (templado) y el bosque húmedo montano bajo subtropical, en la cual la primera es más abundante con un 94 % del territorio. El bosque húmedo subtropical se presenta en menor cantidad con el restante 6 % del territorio como puede observarse en la figura 7 la cual es un mapa elaborada con el sistema de información geográfica *Arcgis*®.

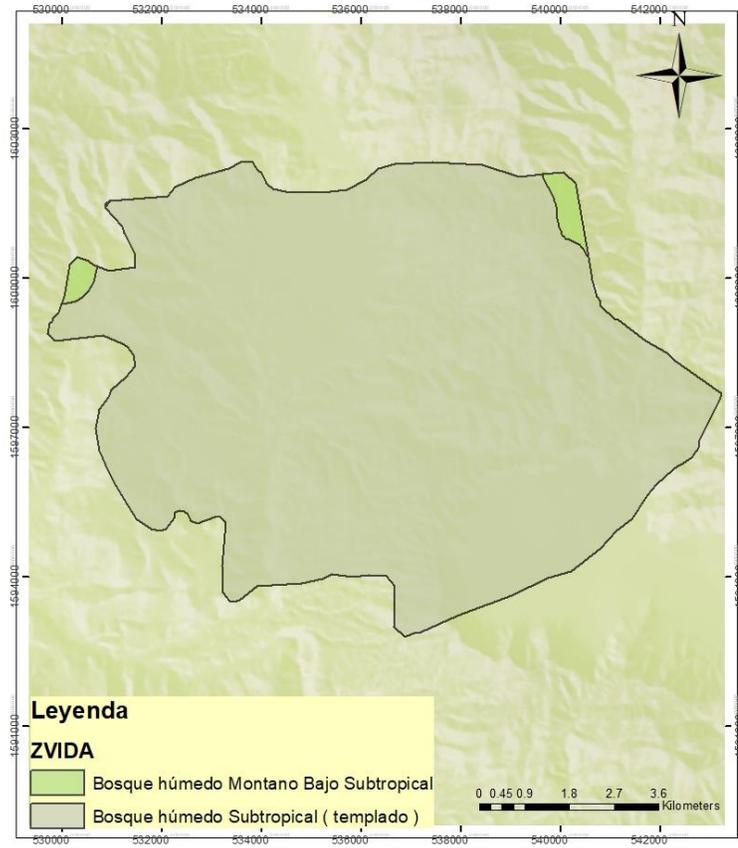
El cuadro 4 muestra las principales características de las zonas de vida presentes en el área.

Cuadro 4. Características de las zonas de vidas presentes en el área.

Símbolo	Zona de vida de Holdrige	Precipitación mínima (mm)	Precipitación máxima (mm)	Temp. Mínima (°C)	Temp máxima (°C)	Evap mínima (mm)	Evap máxima (mm)	Relieve	Especies presentes	Uso apropiado
bhS(t)	Bosque húmedo subtropical (templado)	1,110	1,349	20	26	650	1,700	Ondulado, accidentado y escarpado	<i>Pinus oocarpa</i> , <i>Curatella americana</i> , <i>Quercus spp</i> ,	Manejo forestal
bhMB	Bosque húmedo montano bajo subtropical	1,057	1,588	15	23	1,500	2,400	Plano a accidentado	<i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>Pinus montezumae</i>	Fito cultural forestal

Fuente: elaboración propia con datos de Pérez, Rosito, Maas y Gándara, 2018.

Mapa de Zonas de Vida del Municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 7. Mapa de zonas de vida del municipio de San Rafael Las Flores.

E. Características sociales

a. Demografía

i. Población total

Según el último censo realizado en el país (INE, 2018), para el año 2018, el municipio de San Rafael Las Flores cuenta con 12,641 habitantes los cuales se encuentran distribuidos como puede observarse en el cuadro 5.

Cuadro 5. Población del municipio de San Rafael Las Flores.

Municipio	Hombres	Hombres (%)	Mujeres	Mujeres (%)	Población total
San Rafael Las Flores	6,249	49	6,392	51	12,641

Fuente: elaboración propia con datos del INE, 2018.

ii. Edad por rangos

De acuerdo al censo realizado en el año 2018 por el INE (2018), San Rafael Las Flores cuenta con 12,641 habitantes para ese año con una tasa de crecimiento anual del 3.40 %. La población se divide según el rango de edades presentado en el cuadro 6.

Cuadro 6. Edad por rangos del municipio San Rafael Las Flores.

Rango	Número de personas
Hombres	6,249
Mujeres	6,392
0 – 4	1,516
5 – 9	1,377
10 -14	1,393
15 – 19	1,537
20 – 24	1,322
25 – 29	1,012
30 – 34	813
35 – 39	724
40 – 44	625
45 – 49	500
50 – 54	409
55 – 59	344
60 – 64	301
65 – 69	250
70 – 74	187
75 – 79	141
80 – 84	101
85 – 89	59
90 – 94	23
95 – 99	7
100 o más	0

Fuente: INE, 2018.

En el cuadro 6 se puede observar una población joven tanto en hombres como mujeres, en donde la mayoría de la población se encuentra entre los 10 y los 30 años de edad y va disminuyendo la cantidad de habitantes cuando aumenta la edad. Se observa un ligero incremento en el porcentaje de la población femenina con un 51 % contra un 49 % de la población masculina que habita el municipio de San Rafael Las Flores.

iii. Grupos étnicos

Con base en el censo realizado en el año 2018 (INE, 2018), la mayor parte de la población se identifican con la etnia ladina (73 %), seguido por el pueblo Xinca (23 %) y maya (2 %). En menor porcentaje (0.54 %) se encuentran afrodescendientes, extranjeros y garífunas viviendo en el área. Esto se puede visualizar en el cuadro 7.

Cuadro 7. Pueblo de pertinencia del municipio San Rafael Las Flores.

Población total	Grupos étnicos					
	Maya	Garífuna	Xinka	Afrodescendiente / Creole / Afro mestizo	Ladina(o)	Extranjera(o)
12,641	276	50	2 956	68	9 228	63
Porcentaje (%)	2.18	0.40	23.38	0.54	73.00	0.50

Fuente: INE, 2018.

b. Salud

En general, en San Rafael Las Flores hay mejor acceso al primer nivel de salud desde la implementación del Programa de Extensión de Cobertura/PEC, y del establecimiento de

convenios con la Brigada Médica Cubana y el fortalecimiento con recurso humano por parte del Programa de Cohesión Social.

Existen 4 centros de convergencia que aspiran a tener atención permanente, con auxiliares de enfermería en el marco del PEC (Aldea El Quequexque, San Rafaelito, Las Nueces y San Juan Bosco) (SEGEPLAN, 2010). San Rafael Las Flores cuenta con los siguientes servicios de salud:

- Un centro de salud tipo A con categoría funcional de centro de atención médica permanente -CAP- con servicios de maternidad, en donde se tiene un horario ampliado de atención las 24 hr del día, los siete días de la semana.
- Un puesto de salud fortalecido en aldea Media Cuesta, con atención permanente los 7 días de la semana, por auxiliares de enfermería del programa de cohesión social.
- Cuatro centros de convergencia que aspiran a tener atención permanente, ubicados en aldeas El San Juan Bosco, El Quequexque, Las Nueces y San Rafaelito, administrados por la prestadora de servicios básicos de salud Diócesis de Santa Rosa de Lima, en el marco del programa de extensión de cobertura (SEGEPLAN, 2010).

c. Educación

El nivel de educación que tiene el municipio se representa en el cuadro 8, que con base al censo 2018 (INE, 2018), se puede observar que la mayor parte de la población a partir de los 4 años que se encuentra estudiando algún nivel, está entre los grados de primero a tercero primaria (23.38 %), seguido por una población que no está inscrito a ningún nivel educativo (21.63 %) y de igual forma la población que se encuentra cursando el grado de sexto primaria (16.79 %). A esto le sigue la población cursando cuarto y quinto primaria (10.58 %).

Después de la primaria la población que continúa estudiando desciende drásticamente ya que secundaria únicamente llega al 9.08 %, la licenciatura al 1.84 % y maestrías y doctorados con un 0.10 %.

Cuadro 8. Cantidad de estudiantes por nivel educativo del municipio San Rafael Las Flores.

Población de 4 años y más	Nivel educativo								
	Ninguno	Preprimaria	Primaria			Media		Superior	
			1 - 3	4 - 5	6	Básico	Diversificado	Licenciatura	Maestría o doctorado
11,442	2,475	466	2,675	1,210	1,921	1,435	1,039	210	11
Porcentaje (%)	21.63	4.07	23.38	10.58	16.79	12.54	9.08	1.84	0.10

Fuente: INE, 2018.

d. Costumbres y tradiciones

Las principales celebraciones se realizan tomando en consideración las tradiciones religiosas. Su feria titular se celebra del 22 al 26 de octubre en honor a San Rafael Arcángel. El 12 de diciembre se conmemora a la Virgen de Guadalupe, llevando a cabo eventos sociales, culturales, deportivos, religiosos y la danza folklórica “El Torito” (Leiva,2017).

Por ser una población en su mayoría ladina, esta sigue patrones propios de esta cultura, tales como utilizar un vestuario occidental, la gastronomía incluye granos básicos, hierbas, vegetales y aves de corral entre otros. Tiene tradiciones que se transmiten de generación en generación como la creencia de espíritus buenos y malos, la trascendencia del espíritu de las personas difuntas hacia otra dimensión, la utilización de amuletos como los ajos en los negocios (SEGEPLAN, 2010).

F. Características económicas

a. Empleo

El 40 % de la población mayor de 17 años en San Rafael Las Flores se considera económicamente activa, según el último censo del INE (2018).

El 24 % de esta población se identifican como trabajadores no calificados, la cual es una de las tasas más bajas del departamento (46 %), esto muestra la necesidad de impulsar la formación técnica de recursos humanos para la productividad. A su vez, el 84 % de la población económicamente activa (PEA) trabaja en el agro, siendo la actividad del café la que absorbe la mayoría de mano de obra. En la industria y el comercio trabaja el 9 %, sobre todo se concentra en el casco urbano. El 89 % de la población económicamente activa está conformado por hombres y el 11 % por mujeres. Esto muestra que la economía está en manos de los hombres, y a la vez que no se valora el trabajo de la mujer en el hogar.

b. Agricultura

Según Leiva (2017), el municipio tiene una producción de café bastante fuerte, más del 50 % del territorio posee cobertura con área para producción de café, las comunidades que poseen mayor producción de café son Las Nueces, El Fucio, El Quequexque, Chan Grande, El Chanito, Los Vados, Media Cuesta, Las Cortinas, El Copante y una parte de San Juan Bosco.

Las personas realizan la siembra anualmente en la época lluviosa en la región se utilizan variedades denominadas en la región como catisique (Catisic) y Catimor, para la sombra utilizan galileo (Gravilea), se tiene una producción aproximada de 5,000 kg a 6,000 kg por manzana, y el precio de venta registrado ha sido desde los Q. 160.00 hasta Q. 180.00 por quintal, generalmente la venta se hace en pergamino debido a que no se le da valor agregado al café y se realiza la venta a intermediarios (Leiva, 2017).

El tomate es un producto que ha ido en incremento en el municipio y ha tomado fuerza en los últimos años, este se produce generalmente en micro túnel o casa maya, y se dedican pequeñas a medianas extensiones de tierra para este cultivo generalmente en Los Planes, en los alrededores del casco urbano, aldea San Juan Bosco, El Fucio y otras comunidades a pequeñas escalas (Leiva, 2017).

c. Pesca

Leiva (2017), indica que en la laguna de Ayarza se practica la pesca por parte de los pobladores de la región de Media Cuesta, Los Vados, Portezuelo, generalmente se practica a través de anzuelo y el uso de trasmallo, que recordando es un arte de pesca formado por tres redes, una central más tupida y dos exteriores superpuestas, generalmente se realiza por medio de un anzuelo en horario de la tarde noche, y el uso del trasmallo es nocturno para recogerse el día siguiente.

d. Artesanías

Las mujeres de San Rafael Las Flores se han organizado en grupos que han sido capacitados por medio de la inversión privada y organizaciones no gubernamentales, esto ha tenido como producto que las personas, en su mayoría señoras de diferentes comunidades como Media Cuesta o Las Nueces utilicen productos que son reutilizables tales como papel periódico, telas, corcholatas, etc.

Para producir productos como zapatos, bolsas, trajes, carteras, canastas que han sido comercializadas generalmente en el mercado local, pero se tiene expectativa para poder encontrar canales de distribución. Por su parte la municipalidad de San Rafael Las Flores ha fortalecido la oficina de la mujer y se han impartido capacitaciones para la elaboración de jabones y enseres para el hogar, productos que también están buscando canales de distribución para fortalecer el sector de artesanía en la región (Leiva, 2017).

e. Turismo

San Rafael Las Flores, posee bellezas naturales, atractivos paisajes que los visitantes pueden apreciar a través de su trayecto, sitios que tienen un gran potencial turístico y que no han sido aprovechados, entre ellos la laguna de Ayarza (SEGEPLAN, 2010). Otro lugar poco conocido lo constituye el sitio arqueológico de Media Cuesta, que puede ser visitado por aquellas personas a quienes les gusta explorar y conocer el pasado, por el momento se encuentra en malas condiciones.

f. Actividades comerciales

En el municipio se llevan a cabo diferentes tipos de actividades comerciales, recreativas, educativas y religiosas. En el cuadro 9 presenta la cantidad de comercios que existen en el municipio y se categoriza según la actividad que realizan.

Cuadro 9. Actividades comerciales en el municipio San Rafael Las Flores.

Comercio	Número en el municipio
Abarroterías	13
Tiendas	76
Salones de belleza	3
Barberías y/o peluquerías	5
Talleres de automóviles	6
Talleres de bicicletas	3
Cantinas	30
Tortillerías	20
Cafés internet	5
<i>Car Wash</i>	4
Parqueos	1

Continuación cuadro 9.

Comercio	Número en el municipio
Dentistas	2
Verdulerías	3
Fruterías	2
Carpinterías	10
Panaderías	22
Heladerías	6
Pollerías	3
Sastrerías	4
Pacas	5
Comedores	4
Ventas de lácteos	2
Bancos	3
Restaurantes	5
Supermercados	0
Farmacias	5
Centro de salud privados	4
Centros educativos	27
Agro-veterinarias	4
Funerarias	2
Guarderías	1
Venta de repuestos para automóviles	5
Almacenes de electrodomésticos	2
Aserraderos	2
Ferreterías	4
Carnicerías	2
Venta de gas	3
Iglesias	50

Fuente Leiva, 2017.

g. Índice de pobreza

Según SEGEPLAN (2011) se estima un 71.20 % de pobreza general en el municipio según los mapas de pobreza. La pobreza es el reflejo de la falta de inversión pública en materia de educación, el poco apoyo a la productividad, la falta de fuentes de trabajo, los bajos rendimientos debido a plagas y sequías, y bajos precios de los productos agrícolas; se tiene también el abandono a las vías de acceso internas del municipio.

Debido a que la mayor cantidad de población vive en el área rural, dedicada a actividades agrícolas, existe precariedad laboral que se caracteriza por condiciones como ingresos bajos, según actores locales una persona al día gana como jornalero temporal de Q. 55.00 a Q. 60.02; lo que indica que ellos tienen una limitada protección social y que se encuentra por debajo del salario mínimo que indica que un trabajador vinculado a labores agrícolas debe ganar Q. 86.90. Mejorar el salario mínimo no garantiza reducir la informalidad laboral en el municipio de San Rafael Las Flores y por consiguiente condicionan a la población a permanecer en la pobreza.

El municipio no presenta condiciones similares a otros del nivel departamental en el tema de pobreza, según la última medición realizada por el Instituto Nacional de Estadística (2018), el 41.40 % de la población del departamento de Santa Rosa se considera pobre, al comparar estos resultados, se observa que el municipio se encuentra por encima de la media departamental, esta situación marca las brechas en los indicadores de salud, lo cual es evidente en la población rural y en aquellos grupos que cuentan con los menores niveles de escolaridad.

G. Desarrollo productivo

a. Tenencia de la tierra

El coeficiente de Gini con respecto a la tenencia de tierra a nivel municipal es de 0.687 (PNUD, 2005) siendo uno de los más bajos del departamento e indica desigualdad, habiendo un 32 % de la población que poseen grandes extensiones, mientras que el 68 % poseen poco o no tienen tierra para trabajar. En este caso son obligados a arrendar un terreno para poder cultivar maíz y frijol para sustento de la familia, existiendo una gran demanda para el programa de crédito para arrendamiento de FONTIERRA (SEGEPLAN, 2009).

b. Uso de suelo y agua

En el municipio el 40 % de la superficie cultivada está siendo utilizada para cultivos anuales o temporales, el 30 % para cultivos permanentes, el 15 % para pastos y el 15 % es bosque (INE, 2002). Los suelos de las microrregiones de Media Cuesta y San Rafaelito están siendo sobre utilizados, según el mapa de intensidad de uso de la tierra del MAGA.

La mejor productividad agrícola se tiene en las microrregiones cercanas al casco urbano, donde existe gran potencial en cultivos anuales durante todo el año. Así mismo en la parte alta del municipio se concentra la producción de café la cual es reconocida por su buena calidad.

c. Zonas de producción agropecuaria

Según el censo agropecuario (2003), el municipio cuenta con un hato ganadero de 1,647 cabezas de ganado bovino. El área total de pastos naturales y mejorados es de 5,998 km² manzanas, destacando el hecho de que solamente el 4 % de las áreas de pastoreo son

pastos mejorados. La crianza y manejo de ganado vacuno es de doble propósito (leche y carne) explotándose en pequeña escala, especialmente en las micro regiones del Casco Urbano, San Juan Bosco y en un menor porcentaje San Rafaelito, Las Nueces y Media Cuesta.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Proponer un plan integral para el tratamiento de residuos y desechos sólidos y un estudio de prefactibilidad del mismo, de acuerdo con las necesidades del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.

3.2 Objetivos específicos

1. Identificar y cuantificar los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.
2. Proponer un plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.
3. Realizar el estudio de prefactibilidad del manejo integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala.

4. METODOLOGÍA

4.1 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, Guatemala

La metodología empleada para realizar la caracterización de los residuos y desechos sólidos fue el “Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos”, propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai (CEPIS, 2000), la cual es la misma metodología utilizada por el MARN en el país.

Es preciso conocer los volúmenes de producción y características de los residuos sólidos para poder elaborar un plan de manejo específico para el área de estudio. Debido a esto se tomó en cuenta los diferentes sectores que conforman la población de San Rafael Las Flores. Con los datos obtenidos se realizaron las estimaciones necesarias para la obtención de datos relevantes como los tipos de residuos y desechos de mayor presencia, así como la cantidad generada de estos a diario por los habitantes.

La caracterización se realizó en dos estratos: el domiciliario y el comercial. Dentro del estrato domiciliario no se subdividió por ingresos económicos ya que la urbanización del municipio no se encuentra dividida de esta forma y la gran mayoría de sus habitantes presenta un nivel de ingresos medio bajo.

4.1.1 Planificación de la caracterización de los residuos y desechos sólidos

a. Recopilación de información

La información recopilada en esta etapa fue de índole secundaria, ya que se tomaron datos de instituciones como la municipalidad, Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), Instituto Nacional de Estadística (INE), Ministerio de Ambiente y

Recursos Naturales (MARN), etc. sobre estudios realizados en el área de estudio. Esto para poder partir de una línea base acerca de la población actual, sus características y la situación actual en la gestión de residuos y desechos sólidos del municipio.

b. Reconocimiento del área de estudio

La municipalidad brindó el apoyo para poder hacer un reconocimiento del área donde se hizo el estudio. Este reconocimiento fue importante para la recopilación de muestras por estrato que se llevó a cabo.

Se realizó conjuntamente con las autoridades municipales, ya que San Rafael Las Flores es un municipio con un alto índice de conflictividad social, por lo cual fue necesario evitar cualquier tipo de confusión con las comunidades del municipio.

c. Organización y planificación del estudio

Previo a la caracterización se programó las actividades diarias de todos los actores que participaron en esta. Debido a que es un estudio que involucró a una muestra considerable de la población, fue necesario el apoyo de otros actores como empleados municipales para poder realizar las actividades diarias.

Cada persona involucrada tuvo una tarea asignada previamente para que día con día, el trabajo de campo no presentara ningún inconveniente o retraso. Dentro de las actividades diarias a realizadas estuvo la recolección de muestras, su identificación y la disposición final de estas.

d. Cálculo de la muestra

El cálculo de la muestra estuvo en función de la cantidad de viviendas y comercios del municipio de San Rafael Las Flores. Para la selección de la muestra se siguió la que esta sugerida en la metodología “Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos”, propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai (2000), ya que se plantea un método con base en el número de viviendas en el área.

La muestra no pudo ser dividida por estratos económicos, ya que los ingresos de la población económicamente activan son por debajo del salario mínimo. El principal activo económico del municipio es la agricultura por lo tanto la paga de salarios es baja e irregular. La muestra fue dividida en dos estrados, el estrado domiciliar donde fueron incluidas las viviendas particulares y el estrato comercial donde se encuentran los negocios con residuos no especiales.

Estrato domiciliar: con base en el cuadro 10 el número de muestras (viviendas) para la determinación de la producción per cápita –PPC- de cada estrato socioeconómico, se determinó que el total a viviendas a muestrear era de 61 viviendas. Esto debido a los siguientes datos:

- El número de habitantes del municipio es de 12,641 habitantes para el año 2018 según el INE (2018). Si a esto se le aplica el índice de hacinamiento de 5 personas por hogar tenemos 2,528 viviendas.
- Debido a que la municipalidad no cuenta con estudios previos acerca de la cantidad de desechos y residuos en el área, se utilizó 200 gr/hab/día como desviación estándar.
- Se decidió muestrear un 25 % más como medida de precaución, en el caso de que alguna vivienda decidiera ya no ser parte del estudio. La muestra final para el estudio fue entonces de 75 viviendas. Fue necesario fijar un número mínimo de muestras tal que los resultados a obtener reflejaran con cierto grado de confianza y reducido porcentaje de error las condiciones prevalecientes en el universo poblacional.

Estrato comercial (abarroterías, restaurantes, peluquerías, hoteles etc): Para el cálculo de la muestra tanto para el sector domiciliario como para el comercial se usó la misma metodología que es planteada por el MARN, que a su vez la fuente donde se obtuvo dicha fue el Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos del Dr. Kunitoshi Sakurai (2000), avalado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Para conocer el número de muestras de cada estrato se necesitó tomar aleatoriamente las muestras, como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Número de muestras (viviendas) para la determinación de la producción per cápita –PPC- de cada estrato socioeconómico.

Número total de viviendas del estrato en cuestión	Desviación estándar de las muestras del estrato en cuestión (gr/hab/día)				
	50	100	150	200	250
< 500	3.80	14.90	32.30	54.70	80.60
501-1,000	3.80	15.10	33.40	57.90	87.60
1,001- 5,000	3.80	15.30	34.30	60.70	94.20
5,001-10,000	3.80	15.30	34.50	61.10	95.10
>10,000	3.80	15.40	34.60	61.40	95.90

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2016.

Para el sector comercial, debido a que la guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes del Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales no cuenta con una metodología específica para este estrato, se utilizó la metodología del manual de caracterización y proyección de los residuos sólidos municipales de la República de Perú (s.f.) avalada por el ministerio de ambiente y recursos naturales de ese país.

Se determinó que el total de instituciones o negocios a muestrear es de 55. Esto debido a los siguientes datos:

- El número de comercios o instituciones que producen residuos o desechos comunes del municipio es de 284, para el año 2018 según la municipalidad.
- Debido a que no existen estudios previos en la municipalidad acerca de la cantidad de desechos y residuos en el área, se utilizó 200 gr/comercio/día como desviación estándar.

Se decidió muestrear un 25 % más como medida de precaución, en el caso de que alguna institución o negocio decidiera ya no ser parte del estudio. La muestra final para el estudio fue entonces de 69 instituciones o negocios.

e. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra se utilizó el método de muestreo simple aleatorio para que cada vivienda dentro de las unidades muestrales tuviera la misma posibilidad de ser escogida.

Con ayuda de la municipalidad se identificaron las zonas donde están localizados los diferentes estratos muestrales y con la ayuda de la información obtenida en la etapa del reconocimiento, las viviendas y los comercios fueron escogidos aleatoriamente.

Se les fue notificado previo al muestro a los habitantes de la vivienda, que fueron seleccionados para llevar a cabo el estudio. En el caso que los habitantes de esta vivienda no desearon ser partícipes del estudio, se escogió la vivienda vecina a esta.

4.1.2 Ejecución de la caracterización de residuos y desechos sólidos

A. Diseño de ruta de recolección

La ruta de recolección fue trazada de la manera más eficiente para la optimización de recursos. Debido a que no se contó con muchos recursos económicos para el combustible de los camiones, se decidió muestrear el casco urbano y tres aldeas. El criterio de selección de las aldeas consistió en aquellas que tuviesen mayor densidad poblacional. Las aldeas muestreadas fueron Sabana Redonda, Las Nueces, y Media Cuesta.

Se dividió en dos rutas para que un tren de aseo recogiera las muestras del sector domiciliario y otro para que recogiera las del sector comercial dentro del casco urbano, dentro de las aldeas. El mismo tren de aseo recogió ambas muestras. Las rutas trazadas se muestran en las figuras 23A a la 25A.

B. Capacitación de equipo técnico

Previo a llevar a cabo la recolección fue necesaria la capacitación al equipo técnico brindado por la municipalidad. Entre las instrucciones dadas están:

- La ruta de recolección a seguir.
- Identificación de las bolsas.
- Entrega de bolsas por día.
- Disposición de residuos.
- Pruebas a realizar.

C. Sociabilización

Debido a que se evaluaron los desechos de diferentes habitantes y comercios del municipio, se realizó una campaña de socialización del proyecto con los diferentes actores que estarían involucrados para que estos estuviesen informados de los objetivos, las acciones y como estarían involucrados en este proceso.

Se realizó una reunión con miembros de las autoridades gubernativas, Consejos Comunitarios de Desarrollo Urbano y Rural (COCODES), y el sector comercial del área para exponer las actividades que se estarían llevando a cabo, y las fechas de estas para transmitir la información a toda la población y solicitar su cooperación durante el proceso.

Fue de gran importancia dar a conocer que los objetivos de este estudio están orientados a mejorar la calidad de vida de los habitantes y la situación medio ambiental del área, para que todos los actores se integrasen al proceso y cooperaran con este.

D. Selección de viviendas a muestrear

La selección de las viviendas fue por el método aleatorio. Se escogieron las viviendas al azar, se enumeraron las cosas con ayuda *google maps*, y se fueron seleccionando los números por medio de la calculadora en modo aleatorio. Las viviendas seleccionadas se muestran en las figuras 23A a la 25A con las rutas trazadas.

E. Encuestas

Un día previo a la recolección, se visitaron las viviendas seleccionadas para la realización de una encuesta acerca de la cantidad y el tipo de desechos no comunes que son descartados como baterías, aceites, medicinas etc.

A cada una de las viviendas elegidas se les proporcionó una serie de instrucciones para llevar a cabo la recolección. Dentro de estas especificaciones se les solicitó que manejen sus residuos de la forma habitual para no alterar la muestra.

Las preguntas realizadas en la encuesta son:

- Pregunta 1: ¿Cuál es el número de habitantes de la vivienda?
Esta pregunta fue obviada de la encuesta ya que el sector comercial de San Rafael Las Flores no cuenta con una estimación de cuantas personas utilizan el servicio o compran dentro del comercio. De igual forma no se tomó el número de trabajadores por comercio debido a que los residuos generados por comercio, están en función también de cuántas personas compran o utilizan dichos servicios.
- Pregunta 2: ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar sus residuos y desechos?
- Pregunta 3: ¿Con que frecuencia recogen sus residuos y desechos?
- Pregunta 4: ¿Qué hace con los residuos y desechos si no pasa el camión?

El total de las personas dentro de la muestra fue de 316.

F. Recolección de muestras

La recolección de muestras se llevó a cabo por diferentes equipos de trabajo, los cuales estuvieron organizados por estrato para evitar la confusión de muestras.

Para la identificación de estas viviendas se les colocó un código en la parte frontal indicando el estrato que pertenece y el número de vivienda.

A cada una de estas viviendas se les proveyó una bolsa diaria para disponer sus residuos o desechos. No se les proporcionó todas las bolsas de una sola vez para evitar que fuesen utilizadas para otras actividades.

La recolección de desechos y residuos se llevó a cabo durante un periodo de ocho días consecutivos y se realizó por estratos para evitar que las muestras fueran confundidas. Al recolectar la bolsa de desechos, estas fueron identificadas con el código de vivienda o comercio.

En el primer día de recolección las muestras no fueron evaluadas ya que se considera que pueden estar alteradas al introducir más o menos desechos o residuos de lo normal, por lo tanto, después de ser recolectadas las muestras se procedió a desecharlas en el vertedero municipal.

San Rafael Las Flores resultó ser un municipio con una comunidad muy participativa ya que, de las 75 viviendas y 69 comercios en la muestra, las 75 viviendas y los 69 comercios se mantuvieron constantes durante la recolección los 8 días que se realizó. Aunque los pesajes fueran mínimos toda bolsa de residuos y desechos fue tomada en cuenta. La recolecta comenzó un día lunes hasta terminar el lunes de la siguiente semana.

G. Análisis de las muestras

El análisis de las muestras se llevó a cabo en un lugar especial designado por la municipalidad. Este espacio tuvo una ubicación alejada de la población y contó con las condiciones adecuadas para evitar incidentes. Todos estos análisis se llevaron a cabo de forma diaria y al terminarlos, el área utilizada fue limpiada correctamente para evitar confusión con las muestras de otros días. Después de concluir los análisis diarios, los residuos y desechos fueron depositados en el vertedero municipal.

Dentro del sector fueron tomados en cuenta negocios e instituciones que generan residuos y desechos sólidos que no son de tipo especial. Fueron descartados centros de salud, talleres de mecánica, pollerías, agro veterinarias, farmacias, funerarias etc. ya que los desechos de estos negocios son considerados desechos especiales. El cuadro 11 muestra los comercios que fueron tomados en cuenta.

Cuadro 11. Comercios muestreados.

Comercio	Número en el municipio	Tomados en cuenta en el estudio
Tiendas	89	16
Salones de belleza	3	1
Barberías y/o peluquerías	5	2
Cantinas	30	8
Tortillerías	20	8
Cafés internet	5	3
<i>Car Wash</i>	4	1
Parqueos	1	0
Panaderías	22	8
Heladerías	6	2
Sastrerías	4	1
Pacas	5	2
Comedores	4	2
Bancos	3	1
Restaurantes	5	3
Iglesias	50	9
Centros educativos	27	2
Guarderías	1	0
Total	284	69

Fuente: elaboración propia, 2019.

a. Medición del peso de la muestra

Para obtener datos verídicos, las bolsas no fueron ser pesadas directamente sobre las pesas de pie ya que su contenido podía esparcirse fuera de ésta. Los pasos realizados son los siguientes:

- i. Calibrar la pesa en cero.
- ii. Se colocó el recipiente vacío donde fue colocada la bolsa o los residuos y se obtuvo el peso de este mismo.
- iii. Se colocó la bolsa dentro del recipiente.
- iv. Al dato obtenido se le restó el peso del recipiente, dando como resultado el peso real de los residuos.

El recipiente debió ser colocado completamente sobre la pesa sin tocar la superficie.

b. Producción per cápita

Para poder obtener este dato, se registró el peso de la muestra diaria por vivienda sin tomar en cuenta el primer día. Después de la obtención de este dato por los siguientes días, se procedió a realizar la sumatoria de todos estos datos, de todos los estratos en consideración. Posteriormente se dividió por el número de habitantes que residen en las viviendas y este dato se dividió nuevamente por el número de días que fueron recolectadas las muestras. La fórmula es la siguiente.

$$PPC = \frac{\text{Peso total de las muestras (lb o kg)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} * \frac{1}{7}$$

El peso total de la muestra se refiere a todos los desechos y residuos obtenidos. Esto fue dividido por el total de las personas pertenecientes al muestreo, dato obtenido por las encuestas realizadas al principio. El dato obtenido se dividió ahora dentro de 7 que corresponde a la cantidad de días de muestreo válido.

c. Prueba de composición física

Se determinó la composición de las muestras de las viviendas, con el fin de conocer cuáles son los residuos y desechos predominantes del municipio. Se obtuvo estadísticamente las proporciones de cada tipo de material desechado por los habitantes.

Para establecer la composición física de los residuos sólidos se siguió el siguiente procedimiento:

- i. Se extrajo el contenido de todas las bolsas para poder verterlo en un área donde pudiera ser mezclado.
- ii. Después de mezclar los residuos sólidos, se procedió a dividir en cuatro partes para homogenizar la muestra.
- iii. Se seleccionaron dos cuartetos opuestos y se retiraron los otros dos restantes, a modo de reducir la muestra.
- iv. Los residuos restantes volvieron a mezclarse para poder realizar un nuevo cuarteo y extraer nuevamente dos cuartetos opuestos de la muestra.
- v. Este procedimiento se repitió hasta obtener una muestra aproximadamente de 45.35 kg.

Después de obtenida la muestra, los desechos fueron clasificados de acuerdo con las necesidades de la municipalidad de San Rafael Las Flores y se utilizaron las siguientes categorías:

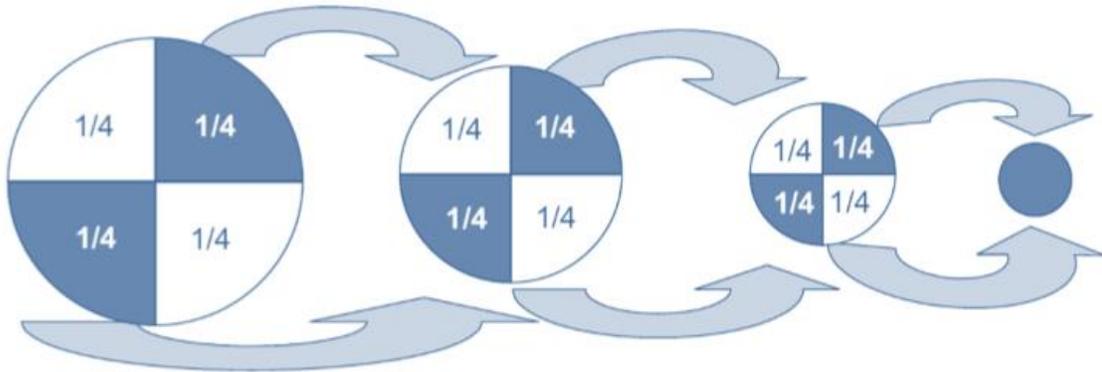
- Aluminio: se incluyeron latas de aluminio, así como los empaques descartables de golosinas.
- Bolsas plásticas: aquellas fabricadas de polietileno de alta y baja densidad y en lo general de un solo uso, así como las bolsas de basura negras en las que venían contenida los desechos y residuos sólidos.
- Cartón: cajas, tetrapack, cartoncillo, corrugado, etc.
- Duroport: es el poliestireno expandido utilizado en envases, platos y vasos y también considerado de un solo uso.

- Metal: se incluyó todo tipo de metal como hierro, cobre, plomo etc. sin incluir materiales de construcción.
 - Orgánico: fueron considerados todos aquellos restos alimenticios, restos de podas y desechos de animales.
 - Otros plásticos: fue considerado todo lo que no es PET (tereftalato de polietileno), como HDPE (polietileno de alta densidad) utilizado para envases de detergentes, botellas de leche, garrafas etc; PVC (polivinilo) utilizado para juguetes para niños, envoltorios de alimentos, tuberías, mangueras; PP (polipropileno) utilizado para pajillas, envases de yogures y mantequilla y los PC (policarbonato) característico de los biberones, CD's y DVD's.
 - Papel: se incluyó blanco, reciclado y bolsas de papel.
 - PET (tereftalato de polietileno): todas las botellas de agua embotellada y carbonatada sin la tapadera.
 - Sanitario: en esta categoría se incluyó el papel sanitario, toallas femeninas y pañales.
 - Tela: restos de materiales de costura.
 - Vidrio: fragmentos de vidrio, envases etc.
- vi. Al clasificar según tipo, se pesó cada uno por separado.
- vii. Al obtener el peso de cada tipo de desecho se extrajo el porcentaje de este en comparación con el peso total de la muestra sin clasificar. Este cálculo fue diario y al finalizar los siete días de estudio, se procedió a promediar los datos obtenidos para tener una muestra representativa por tipo de desecho.

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\text{Porcentaje por día: } \frac{\text{Peso de cada desecho clasificado}}{\text{Peso total de la muestra del cuarteo}} * 100$$

La figura 8 representa de manera gráfica como deben de separarse los residuos y desechos para la prueba de composición.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2016).

Figura 8. Método para el cuarteo de muestras.

d. Prueba de densidad de los residuos sólidos

Durante la realización del primero cuarteo se procedió a realizar el siguiente cálculo que permitió conocer el peso de los residuos que caben en un metro cúbico.

- i. Se determinó el volumen del tonel utilizado aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen: } \frac{\pi * d^2 * h}{4}$$

En donde:

0.7854 = Corresponde a la cuarta parte de π .

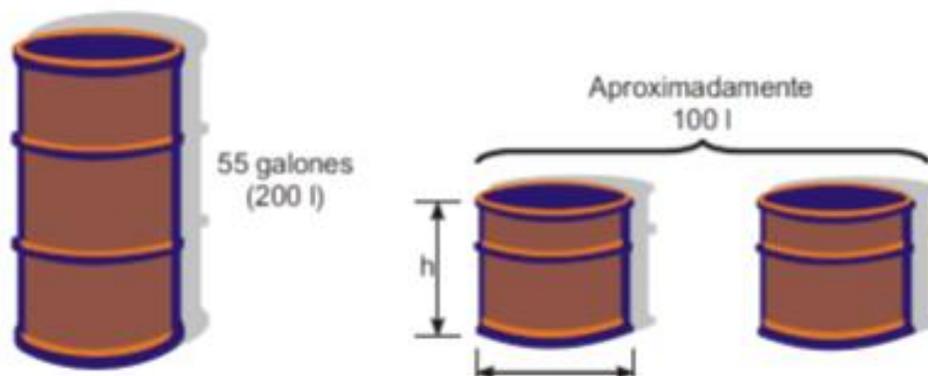
D = Diámetro del contenedor.

h: Altura del contenedor.

- ii. Después de mezclar los residuos previos al primer cuarteo, se llenó el tonel hasta el borde sin hacer presión dentro del mismo. Cuando el tonel estuvo lleno, se golpeó el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm para que los residuos se asentaran.
- iii. Nuevamente se agregaron los residuos sólidos hasta el tope del tonel, teniendo cuidado de no presionar al colocarlos.
- iv. Se procedió a pesar el tonel y registrar el peso de la muestra (figura 9).
- v. Para obtener la densidad de los desechos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad: } \frac{\text{Peso de los residuos de un tonel (lb)}}{\text{Volumen del tonel (m}^3\text{)}}$$

La figura 9 muestra cómo debe de medirse los recipientes para la prueba de densidad.



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2016.

Figura 9. Prueba de densidad de los residuos y desechos sólidos.

4.2 Propuesta del plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos del municipio

4.2.1 Definición de la propuesta del plan de gestión integral de manejo integral de residuos y desechos sólidos del municipio

Para poder llevar a cabo el diseño del plan de gestión integral del manejo de los residuos y desechos sólidos del municipio, fueron necesarios los resultados de las pruebas anteriores. Posteriormente a la obtención de resultados se procedió a la elaboración del marco lógico del proyecto.

4.2.2 Elaboración de marco lógico

El marco lógico fue la herramienta metodológica con la cual se formuló, conceptualizó, diseñó, y se planeó la ejecución, seguimiento y evaluación del proyecto.

A. Definición el problema

Para la definición del problema se priorizó el aspecto que tenía un impacto negativo mayor sobre la población del municipio y el medio ambiente con respecto a la situación actual del manejo de residuos y desechos sólidos.

B. Análisis de la problemática de la mala disposición de los residuos y desechos sólidos comunes de San Rafael Las Flores

Se realizó el árbol de problemas o de efectos y causas. Al ser una herramienta la cual permitió analizar y diagramar el problema, se pudo visualizar más fácilmente qué ocasionaba el problema principal y cuáles eran los efectos que cada causa provocaba. La

estructura fue realizada planteando de forma negativa para plantear adecuadamente el problema. El árbol fue elaborado de la siguiente forma:

- En las raíces del árbol se colocaron las causas del problema.
- En el tronco se colocó el problema principal.
- En las hojas y ramas se colocaron los efectos que tiene el problema.

C. Transformación de la problemática de la mala disposición de los residuos y desechos sólidos comunes de San Rafael Las Flores

Se elaboró el árbol de medios y fines ya que este es la versión positiva del anterior, lo que quiere decir que, en vez de visualizar un problema, este se convirtió en un medio y las causas anteriormente previstas se transformaron en fines a los que se desea llegar con la resolución del problema.

- En las raíces del árbol se colocaron los medios por los cuales se resolverá el problema.
- En el tronco se colocó el objetivo principal que se busca resolver.
- En las hojas y ramas se colocaron los fines que se buscan lograr al resolver el problema.

D. Búsqueda de soluciones y planteamiento de alternativas

Consistió en fusionar estratégicamente las acciones propuestas, a criterio del equipo del proyecto. Se tomaron los medios del árbol de medios y fines y se definieron acciones que permitieran llegar a ese medio.

Fueron definidos y aplicados criterios pertinentes para la naturaleza del problema para filtrar y dejar solo las alternativas viables con las que se fuera a trabajar en los siguientes casos.

E. Elaboración la matriz de marco lógico

Esta herramienta proporcionó un resumen completo de la lógica de intervención del proyecto el cual posteriormente servirá como referencia para el monitoreo y la evaluación de este.

La matriz fue compuesta por cuatro columnas y cuatro filas. Las columnas A y D presentan hipótesis de causa-efecto y las columnas B y C la medición de los resultados del proyecto. Las filas 1 y 2 presentan los efectos esperados, las filas 3 y 4 los servicios y productos planeados. En las columnas B y C de la fila 4, se describió en términos generales las entradas y recursos necesarios para implementar las actividades.

El marco lógico se elaboró en tres pasos:

- Se estableció las hipótesis de causa-efecto relevantes, incluyendo supuestos pertinentes.
- Se desarrollaron los indicadores para medir los logros.
- Se determinaron los recursos requeridos para la implementación del proyecto.

4.3Elaboración del estudio de pre factibilidad del plan de manejo integrado de residuos y desechos sólidos comunes del municipio

Para la elaboración del estudio de pre factibilidad fueron necesarios los siguientes estudios:

- Estudio de mercado.
- Estudio técnico.
- Estudio administrativo legal.
- Estudio ambiental.
- Estudio financiero.

4.3.1 Estudio de mercado

En el estudio de mercado se evaluó la posible demanda y oferta que tendría el proyecto, así como también fueron analizados los principales factores que pueden influir tanto positivamente como negativamente en este.

A. Definición del servicio

Se describió en qué consistirá el proyecto completo, así como las acciones desde el principio que comenzará con la sensibilización del proyecto a la comunidad, hasta el paso final que es la disposición de los desechos que no puedan ser tratados.

a. Servicios y sub productos

Fueron analizadas las diferentes necesidades a cubrir por la municipalidad y se procedió a priorizar los servicios y sub productos que esta prestará dentro del plan de manejo de residuos y desechos sólidos. Cada uno de estos fue descrito con sus correspondientes acciones.

b. Área de mercado

El cálculo del área del mercado se realizó por medio de imágenes satelitales para poder visualizar la extensión del municipio ya que debe trabajarse con la totalidad de este. Por medio de las imágenes satelitales fue fácil delimitar las rutas a seguir y las vías de acceso.

c. Población consumidora del servicio

Para el cálculo de la población consumidora del servicio se tomaron en cuenta varios factores demográficos y socio económicos de la población, así como otros indicadores como:

- Número total de habitantes.
- Índice de hacinamiento.
- Número de centros poblados.
- Tasa de crecimiento poblacional.
- Principales actividades económicas del municipio.

B. Análisis de la demanda

Su objetivo principal fue medir las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado, es decir si el proyecto será aceptado o rechazado por la población y con base en este análisis se determina si el proyecto debe o no realizarse.

La demanda se determinó a través de distintos factores:

- La necesidad real del bien.
- Precio.
- Nivel de ingreso de la población.

Para un análisis de la demanda se recurrió a la investigación de información proveniente de fuentes primarias y secundarias, como indicadores económicos y sociales.

a. Determinación de la población y tamaño de la muestra para el análisis de la demanda

Para determinar la muestra, se utilizó un muestreo estadístico que representa a la población a estudiar para el 2018, constituida por 12,641 habitantes en municipio de San Rafael Las Flores, utilizando para este cálculo la fórmula de población finita cualitativa a un nivel de confianza de 95 % y un margen de error del 5 %.

La fórmula que permitió determinar el tamaño de la muestra para la estimación de proporciones poblacionales es la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2pq}{Nd^2 + Z^2pq}$$

En donde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Población = 12,641 (población objetivo en el 2018).

Z = Nivel de confianza = 1.96 para $\alpha = 0.050$.

p = Valor del éxito = 0.5 por máxima varianza.

q = Valor del fracaso = 0.5 por máxima varianza.

d = Margen de error a utilizar (para este caso se utilizará el 5 %).

b. Análisis de la demanda

Para obtener información primaria se realizó una encuesta a los habitantes del municipio de manera aleatoria para saber su opinión y conocimiento acerca del servicio de extracción de basura, reciclaje y su disposición de pago por este.

Las encuestas fueron realizadas en diferentes aldeas y caseríos del municipio, así como en el casco urbano para conocer su opinión acerca del servicio y su disposición de pago por este.

Las preguntas realizadas en esta encuesta fueron:

- Pregunta 1: ¿Cuántas personas viven en su domicilio?
- Pregunta 2: ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar su basura?
- Pregunta 3: ¿Recibe Ud. el servicio de limpieza pública?
- Pregunta 4: ¿Cuántas veces por semana pasa por su casa el camión recolector?
- Pregunta 5: ¿Cuántas veces bota la basura en una semana normal?
- Pregunta 6: ¿Sabe si existe recolección informal en el municipio?
- Pregunta 7: ¿Qué objetos que se podría considerar "basura", usted reutiliza?
- Pregunta 8: ¿Sabe usted cuál es el destino final de la basura?
- Pregunta 9: ¿Quién realiza la limpieza de las calles?
- Pregunta 10: ¿Qué opina de la labor municipal con respecto a la limpieza pública?
- Pregunta 11: ¿Qué problemas detecta en el servicio municipal?
- Pregunta 12: ¿Sabe lo que es reciclaje?
- Pregunta 13: ¿Estaría dispuesto en participar en una jornada de reciclaje?
- Pregunta 14: ¿Estaría dispuesto a pagar por el servicio de recolección de basura?
- Pregunta 15: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar al mes?
- Pregunta 16: ¿Si se mejorara el servicio de recolección de basura en el municipio, estaría dispuesto a pagar?, Sí, No, y ¿Cuánto?

Cada pregunta se desarrolló para su análisis con su respectiva tabulación.

c. Demanda del mercado actual y potencial

Para conocer la situación actual del servicio de extracción de basura, tratamiento de esta y la disposición final que ofrece la municipalidad, se entrevistó al director de la unidad a cargo de este servicio que es el Ing. Agr. Lester Felipe Leiva.

d. Características de la demanda

La demanda debe poder ser cubierta por al menos los 20 años de visión del proyecto. Para poder calcular esto se le aplicó la tasa de crecimiento poblacional a la población actual para los siguientes 20 años y así poder estimar la población futura que demandará el servicio. La tasa de crecimiento poblacional que para el municipio es de 3.40 %, como se mencionó anteriormente y para sector de comercio de 2 %. Se utilizó la siguiente ecuación en ambos estratos:

$$\text{Poblacion actual} * \text{tasa de crecimiento poblacional}$$

De igual forma fue calculado el crecimiento de los residuos y desechos sólidos por su composición para así poder calcular la cantidad de subproductos que se obtendrán a lo largo del tiempo. Para el cálculo de estos datos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Población actual} * \text{tasa de crecimiento poblacional} * \text{PPC}$$

Esta fórmula fue aplicada para los siguientes 20 años y posterior a este paso por medio de los porcentajes obtenidos en la prueba de composición se obtuvo la composición de los residuos y desechos de cada año.

C. Análisis de la oferta

Se realizó el cálculo de la cantidad de bienes y servicios que un cierto número de oferentes están dispuestos a ofrecer en el mercado, a un precio determinado.

a. Oferta actual

Se describió los servicios que la municipalidad actualmente ofrece a la población para el manejo de los residuos y desechos sólidos. Fue utilizada de igual forma la encuesta pasada a los habitantes para conocer su opinión acerca del servicio y cuánto estarían dispuesto a pagar por la extracción de su basura.

b. Oferta potencial

La oferta potencial consistió en describir el estudio técnico. Se plantea la obra de ingeniería que puede realizarse en el municipio y también la ruta de operación para llevar a cabo el plan de manejo integral. Es decir, se plantea paso a paso cómo debe ejecutarse el proyecto para que este sea sostenible.

c. Análisis de precios

El análisis de precios que la municipalidad puede cobrar por el servicio de extracción y tratamiento de los residuos y desechos sólidos se realizó con base a la disposición de pago de los habitantes del municipio; sin embargo, también fue considerado el mercado a nivel nacional.

d. Comercialización del producto obtenido

Fueron priorizados los subproductos con potencial de comercialización y calculado su valor en el mercado potencial. Fueron contactadas diversas empresas recicladoras para saber el valor de cada producto inorgánico, así como agroservicios para el *compost*. Finalmente fue calculado su valor por kilogramo (kg).

e. Promoción

Se elaboró una lista de las posibles acciones que tomará la municipalidad para la sensibilización del proyecto, así como el diseño de un afiche para dicha promoción.

4.3.2 Estudio administrativo legal

El estudio legal administrativo tomó como base la legislación vigente del país para poder llevar a cabo el proyecto. De igual forma calculó el personal requerido para la operación y se delegaron responsabilidades a cada una de las personas dentro del proyecto. A partir de este cálculo se elaboró el organigrama de los trabajadores de la planta de forma jerárquica. La planilla de salarios que devengará cada personal también fue incluida en este estudio.

A. Aspectos administrativos

En esta sección se realizó la planificación de toda la gestión para llevar a cabo el proyecto del plan de manejo integral de los residuos y desechos incluyendo el cálculo del personal para dicha gestión.

a. Planeación estratégica

La planeación estratégica fue una herramienta de gestión utilizada para establecer y direccionar las acciones del proyecto y así para lograr las metas propuestas. Esta planeación también establece los responsables de las acciones, así como la asignación de un presupuesto y los tiempos de las acciones.

i. FODA institucional de la municipalidad

Para la realización del FODA fueron tomados los factores internos y externos que pueden ejercer influencia positiva o negativa dentro del proyecto. Se incluyeron los elementos dentro de los siguientes criterios:

- Fortalezas: son los puntos de fortaleza con los que ya cuenta el proyecto, esto está relacionado tanto como con sus recursos económicos como los humanos.
- Oportunidades: en este elemento se evaluaron las condiciones externas positivas que pueden llegar a impactar el proyecto.
- Debilidades: se incluyeron los factores internos negativos del proyecto que pueden impedir que este se desarrolle exitosamente.
- Amenazas: fueron incluidos todos los factores externos negativos que puede llegar a amenazar la sostenibilidad del proyecto.

ii. Misión

La misión fue planteada a partir de las metas a las que se planifica llegar con el desarrollo del proyecto.

iii. Visión

La visión del proyecto fue proyectada como la meta a futuro que se busca alcanzar con la realización del proyecto.

iv. Metas

Las metas que se busca alcanzar por medio del proyecto fueron planteadas a corto, mediano y largo plazo. Estas fueron planteadas con base en los objetivos, la misión y visión del plan de manejo integrado de residuos y desechos sólidos para el municipio.

b. Recurso humano

i. Estructura administrativa del proyecto

Consistió en la representación gráfica y jerárquica del personal de trabajo dentro del proyecto.

ii. Cálculo del personal

El cálculo de personas para el proyecto se realizó con base en el volumen generado de residuos y desechos que se generan en el municipio, el tamaño de la demanda del servicio y la cantidad de productos que se desean obtener a partir de estos.

iii. Planilla de salarios

Para el cálculo de la planilla de salarios de los trabajadores fue utilizado el código de trabajo vigente en el país. Fue considerado el salario mínimo y todas las prestaciones legales vigentes.

iv. Descripción del puesto

La descripción del puesto consistió en describir las características y aptitudes que necesita tener una persona para llenar la plaza solicitada dentro del proyecto, así como la descripción de las funciones de casa puesto.

v. Insumos administrativos

Fueron especificados todos los recursos materiales necesarios para el funcionamiento del área administrativa del proyecto.

B. Aspectos legales

Para la elaboración de esta sección fue necesario consultar la legislación vigente que rige el país en materia de regulación ambiental y de trabajo y que fuesen aplicables en este tipo de proyectos. Se tomó en cuenta la Constitución, diferentes leyes, códigos y reglamentos.

4.3.3 Estudio técnico

El estudio técnico del proyecto fue implementado para proponer las alternativas tecnológicas y de ingeniería del proyecto, así como para poder evaluar su factibilidad

técnica. Este análisis identificó los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, así como los costos de inversión y de operación requeridos.

A. Recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos

a. Diseño de rutas

Para el diseño de rutas fue dividido el municipio en microrregiones con ayuda del mapa de microregionalización de este. Fueron planteados los criterios de Figueroa (2008), a tomar en cuenta para lograr un diseño efectivo y eficaz.

b. Capacidad y cantidad de los camiones recolectores

Al ya contar con un tren de aseo con capacidad de 2.5 T y dimensiones de 3.1 m x 1.75 m x 1.75 m. solamente se realizó el cálculo de cuántos camiones recolectores necesita el municipio para poder brindar una cobertura del 100 %. Para este cálculo se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Se utilizó la tasa de crecimiento poblacional urbano para estimar la población hacia el año 2038 tanto del estrato domiciliar como del comercial.
- Con base en esos datos se obtuvo la cantidad de residuos y desechos sólidos producidos por esa población multiplicando la cantidad de la población para ese año por la PPC de 0.58 kg/hab/día y 3.44 kg/comercio/día.
- Se dividió ese dato dentro de la capacidad del camión.

c. Frecuencia de recolección días y horarios

Para determinar la frecuencia de recolección se tomó como base el ciclo de la mosca común (*musca domestica*) ya que es el principal vector que se encuentra en los desechos.

Los días de recolección fueron determinados por la micro regionalización ya que si se quiere cumplir con el 100 % de cobertura la recolección de los residuos y desechos no puede darse en un solo día. Fueron asignados días por centros urbanos y tipos de residuos y desechos.

El horario fue determinado con base en el código de trabajo (1961).

d. Número de viajes

El número de viajes fue calculado nuevamente con base en la PPC y a la capacidad del camión recolector. Fue tomada en consideración de igual forma la optimización de los recursos ya que esta es la fase más costosa de todo el plan.

e. Tamaño de la cuadrilla

El tamaño de la cuadrilla se calculó con base en la capacidad para transportar personas del camión, así como por medio de la siguiente fórmula;

$$Nr = \frac{N * C}{R * H}$$

Donde:

Nr= Número de recolectores.

N= Número de viajes que puede efectuar el vehículo durante la jornada normal de trabajo.

C= Capacidad útil del vehículo en kilogramo (kg).

R= Rendimiento en kg/hombre/hora.

H= Duración de la jornada efectiva normal en horas.

f. Costos de recolección

Los costos de recolección fueron calculados con base en los valores actuales de combustible, mantenimiento y los costos de los insumos necesarios.

B. Planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

a. Capacidad de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

Para poder calcular la capacidad de la planta se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- PPC.
- Cobertura de recolección.
- Densidad de los residuos y desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual.
- Composición de los residuos y desechos generados.

b. Volumen de los residuos y desechos sólidos

Por medio del cálculo del total los residuos y desechos generados y la densidad de los residuos y desechos se obtuvo el volumen de los desechos generados por día. Estos datos se introdujeron en la siguiente ecuación:

$$V_{diario} = \frac{\text{Total de residuos y desechos generados diariamente (kg)}}{\text{Densidad (m}^3\text{)}}$$

Con este dato se obtuvo el volumen de los residuos y desechos sólidos para el año 2038 de forma diaria y así calcular el área necesaria para las siguientes secciones:

- Área de compostaje.
- Área de separación de desechos inorgánicos.
- Relleno sanitario.
- Galera de PET y aluminio.
- Galera de vidrio.
- Galera de plásticos.
- Galera de papel.
- Galera de metal.
- Pileta de lixiviados.

c. Localización de la planta

El municipio de San Rafael Las Flores ya cuenta con un área específica para la construcción de la planta de tratamiento. Para su visualización fue elaborado un mapa de ubicación con el programa *Arcgis®*.

d. Diseño de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

Para el diseño de la planta de tratamiento fueron tomadas las medidas del terreno disponible para la construcción y se procedió a la realización de un diseño por medio de la herramienta digital *Autocad*.

e. Costo de construcción

Fue elaborado un presupuesto de construcción con base en los valores actuales de mano de obra y materiales de construcción.

f. Costo de operación

Fue elaborado un presupuesto de operación con base en los valores actuales de mantenimiento de la maquinaria.

4.3.4 Estudio ambiental

El estudio ambiental evaluó las condiciones biofísicas del área y fueron evaluados los posibles daños que la construcción y operación del proyecto pueden tener en el medio ambiente y en los seres humanos por medio de la matriz de causa y efecto y posteriormente una matriz de Leopold.

A. Identificación de los impactos ambientales

Para poder llevar a cabo la identificación y valorización de los impactos que puede tener el proyecto, se llevó a cabo una matriz de doble entrada llamada matriz de causa y efecto. Por un lado, las acciones de la actividad que se dividirán según las distintas fases del proyecto, y por otra, los factores del medio que se podrán ver afectados. Las distintas fases en las cuales están agrupadas las distintas acciones son: fase de construcción, fase de operación y fase de clausura. Los factores del medio analizados fueron:

- Clima.
- Calidad del aire.

- Hidrología.
- Suelo.
- Flora.
- Fauna.
- Paisaje.
- Economía y empleo.

B. Valorización de impactos

Para la valorización de impactos se utilizó la metodología de la matriz de Leopold en la cual las columnas se refieren a las acciones antropológicas que pueden afectar el medio ambiente y las filas se refieren a las características del medio que pueden ser perturbadas.

El primer paso para la elaboración de la matriz consistió en enumerar todas las acciones que se llevarán a cabo durante la construcción, operación y clausura de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos. Posterior a eso fueron enumerados los factores que pueden ser alterados debido a estas actividades.

Se trazó una diagonal en cada cuadrícula donde existe interacción ya que fueron evaluados los siguientes valores por cada cuadrícula:

- Importancia: se valoró de 1 a 10 el peso relativo que el factor ambiental tiene dentro del proyecto o la posibilidad de que se presenten alteraciones.
- Magnitud: nuevamente de 1 a 10 según la repercusión del impacto de la acción humana sobre el ambiente.

El número 10 se considera el nivel máximo de alteración y el número 1 el nivel mínimo. El signo + o – dependerá si el impacto de la acción es positiva o negativa. Después de haber evaluado cada interacción se procedió a interpretar los números obtenidos para determinar qué acciones causaban mayores impactos.

Fueron tomadas 18 acciones y 25 factores ambientales haciendo un total de 450 interacciones si todos los factores fueran afectados, pero en realidad debido a la naturaleza del proyecto solo se dieron 127 interacciones.

C. Medidas de prevención, control y mitigación de los posibles impactos ambientales

Posteriormente a la valoración de los impactos, se obtuvo las acciones que mayor impacto negativo tienen en el medio ambiente y se plantearon diferentes medidas para reducir dicho impacto.

Fueron planteadas medidas para prever que el impacto suceda, medidas mientras sucede el impacto y la mejor manera de contenerlo y como amortiguar el impacto.

D. Costos de las medidas de prevención, control y mitigación de los posibles impactos ambientales

Fue elaborado un presupuesto con base en los valores actuales de maquinaria, equipo de protección y mano de obra.

4.3.5 Estudio financiero

El estudio financiero integró todos los costos de construcción durante la fase de inversión y los costos durante la etapa de operación y los integró con los ingresos del proyecto para calcular el periodo de retorno de la inversión calculando de esta forma la rentabilidad del proyecto.

A. Inversión inicial

El cálculo de la inversión inicial se basó en la construcción de la planta de tratamiento, así como la compra de insumos e inmobiliario necesario para que pueda darse la fase de operación de esta.

a. Costos de construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

Con la asesoría del Arq. Bryan Roberto Flores, fueron determinados los costos por metro cuadrado. Para el cálculo de la construcción de la planta fueron tomados en cuenta los metros cuadrados de construcción de cada área para luego multiplicarlo por el costo por metro cuadrado. Dependiendo el tipo de construcción así será el costo del metro cuadrado, los cuales se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Costo por metro cuadrado de la construcción.

Descripción	Costo (m ²)
Parqueo y caminamientos	Q. 400.00
Oficina y bodega	Q. 1,200.00
Galeras	Q. 800.00

Fuente: Flores, (2019).

No fue considerado el costo del terreno ya que el terreno donde se llevará cabo la construcción ya pertenece a la municipalidad de San Rafael Las Flores y no se debe nada por él.

b. Costos de mano de obra

La mano de obra necesaria para que el proyecto pueda terminarse en un lapso de 10 meses consiste en un maestro de obra, 5 albañiles y 7 ayudantes de albañilería.

Para obtener el costo total de la mano de obra necesaria se siguieron los siguientes pasos:

- Tomar el costo por hora de cada puesto.
- Multiplicar el costo por las horas dentro de la jornada diaria.
- Multiplicar el resultado anterior por los 30 días del mes.
- Multiplicar el resultado anterior por los 10 meses que durará la fase.

c. Costo por mobiliario e insumos de oficina

Fueron enumerados todos los insumos y el mobiliario de oficina necesario para los trabajadores dentro de la planta de tratamiento y se les aplicó el costo actual de estos.

d. Costo total de la inversión

La inversión total del proyecto se calculó como la suma de todos los costos anteriores.

B. Costos de operación del proyecto**a. Costos de operación del tren de aseo**

Para la obtención de los costos de operación del tren de aseo fueron tomados en cuenta tanto herramientas de trabajo de los operadores, así como el mantenimiento de los camiones.

b. Costo de operación de planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

Para la obtención de los costos de producción se enlistaron los insumos que son necesarios por los trabajadores dentro de la planta de tratamiento anualmente y se multiplico por el valor actual de los mismos en el mercado.

c. Costos salariales

Para obtener los salarios de los empleados dentro del PMIRDS se tomó como base la legislación vigente del país la cual es el código de trabajo (1961). Se hizo el cálculo con base en el salario mínimo y de acorde a las capacidades de cada puesto. Fueron incluidas de igual forma todas las prestaciones requeridas por el código de trabajo.

d. Costos por servicios

Los servicios que serán necesarios en la planta de tratamiento son: agua, luz, teléfono e internet. Para el cálculo del servicio de agua se utilizó la estimación de la OMS (2003), que indica que una persona necesita entre 50 l a 100 l de agua diaria. Para esta estimación fueron usados 50 l.

Para el cálculo de electricidad se utilizaron los kWh que actualmente gastan las oficinas centrales municipales como referencia y el costo de los kWh en la actualidad.

El servicio de telefonía e internet será provisto por la compañía Claro y fueron estimados los planes de servicio que ofrecen.

C. Costos de producción

Los costos de producción fueron calculados con base en los insumos necesarios para la revalorización de los desechos orgánicos.

D. Costos por prevención, mitigación y control

Para calcular los costos de mitigación se evaluaron los posibles impactos ambientales del proyecto y se calculó el costo de las herramientas necesarias para mitigar dichos impactos.

E. Costos anuales totales de operación

Los costos totales anuales del proyecto se calcularon como la suma de todos los costos anteriores.

F. Estimación de ingresos

Fueron calculados todos los posibles ingresos que puede llegar a tener el proyecto por medio de los servicios brindados a los habitantes del municipio y así poder costear su funcionamiento.

a. Tarifa ordinaria

La tarifa ordinaria se fijó en Q. 30.00 por hogar al mes para la extracción de los residuos y desechos sólidos. La disposición de pago de los habitantes está en Q. 20.00, sin embargo, no es suficiente para subsidiar el servicio.

Se realizó el cálculo de los ingresos que tendría el proyecto a lo largo de los 20 años por medio de las tarifas cobradas por extracción de basura. Se utilizó la variable tasa de crecimiento poblacional urbano en los hogares y en los comercios para poder estimar el aumento de estos a través de los 20 años.

b. Comercialización de los productos reciclables

Para poder saber qué precio tienen los residuos en el mercado fueron contactadas las siguientes recicladoras:

- Interfisa.
- Red ecológica.
- Vigua.
- Recipa.

Se realizaron proyecciones de los ingresos que tendría la planta a lo largo de la vida del proyecto por medio de los productos comercializados.

c. Venta de lombricompost

Para el cálculo de la venta de compost fue considerado el mercado actual y fueron consultadas varios agroservicios para conocer este dato. Los agroservicios consultados fueron La Semilla, La Montaña y El Sembrador.

El precio promedio del lombricompost en el mercado actual es de Q. 65.00 por 45 kg. Con base en los datos recabados fueron estimadas las proyecciones de ingresos durante la vida del proyecto.

d. Proyección de ingresos totales anuales

Fueron sumados todos los posibles ingresos que llegaría a tener la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

G. Análisis financiero

a. Balance general

Para la elaboración de recopilaron y registraron los montos correspondientes a los activos circulantes o corrientes, que son todos aquellos susceptibles de convertirse en dinero en efectivo durante un período normal de operaciones de la planta.

Se registraron los activos fijos los cuales son aquellos que no presentan un flujo o cambios constantes y otros tipos de activos que no pueden clasificarse como corrientes o fijos. Posteriormente se sumaron los tres tipos de activos.

Se recopilaron los pasivos corrientes los cuales son las obligaciones y deudas que la planta tiene que cubrir en menos de un año. Se registraron los pasivos fijos los cuales corresponden a las deudas y obligaciones que deben de cumplirse en un plazo mayor a un año. Se registraron otros tipos de pasivos y se sumaron los 3 tipos de pasivos.

Se registró el patrimonio de la planta el cual corresponde al capital y las utilidades retenidas. Una vez totalizado el capital, se sumó con el total de pasivos. El resultado correspondió a los medios o recursos de los que la empresa puede disponer para soportar los activos.

Se realizaron los siguientes cálculos:

- $\text{Activo} = \text{Pasivo} + \text{Capital (o patrimonio, o fondos propios)}$.
- $\text{Activo} - \text{Pasivo} = \text{capital}$.

b. Estado de resultados

Se presentó la información pertinente sobre los cobros y pagos de efectivo del proyecto durante 20 años. En este se presentan las utilidades brutas, las utilidades operativas y las utilidades antes del impuesto. Como impuesto fue tomado el ISR con un 25 %.

c. Flujo de caja

Fue obtenido por medio de las utilidades netas. Las utilidades netas se obtuvieron restando los costos fijos de la operación de la planta de tratamiento a la utilidad bruta que esta generará en un plazo de 20 años.

d. Relación beneficio costo

Fueron tomados los ingresos y egresos netos en el estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada rubro considerado en el proyecto. Para los ingresos netos fueron tomados aquellos ingresos que efectivamente se recibirán en los años proyectados.

Para los egresos netos se tomaron en cuenta aquellas partidas que efectivamente generarán salidas de efectivo durante los diferentes periodos. La relación beneficio / costo reflejará el grado de desarrollo y bienestar que el proyecto puede generar al municipio.

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$\text{Relación beneficio costo} = \frac{\sum \text{Ingresos totales netos}}{\sum \text{Costos}}$$

e. Rentabilidad

Se hizo referencia a un beneficio promedio de la planta de tratamiento y el tren de aseo por la totalidad de las inversiones realizadas.

La ecuación utilidad fue la siguiente:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} * 100$$

f. Valor actual neto

Se utilizó para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones se conoció con cuál de ellas se obtiene una mayor ganancia.

La ecuación utilizada fue:

$$CF_1 \neq CF_2 \neq CF_3 \neq \dots \neq CF_n$$

$$VAN = -D_0 + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+k)^n} > 0$$

En donde:

CF_i= Flujo de caja del periodo j.

D₀= Desembolso inicial.

k_j=Tasa de actualización.

N= Duración de la inversión (Blas, 2017).

g. Tasa de interés de retorno

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$TIR = \left(\frac{F1}{(1+I)^1} + \frac{F2}{(1+I)^2} + \frac{Fn}{(1+I)^n} \right)$$

En donde:

F= Son los flujos de dinero en cada periodo.

I= Es la inversión realiza en el momento inicial t = 0) (Blas, 2017).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores

5.1.1 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato domiciliario

A. Resultado de encuestas del estrato domiciliario

a. Habitantes por hogar

Según los resultados de la encuesta la cantidad de personas que habitan por hogar en el municipio de San Rafael Las Flores, en el estrato domiciliario que prevalece en la zona es de 4 personas por vivienda como se observa en el cuadro 13.

Cuadro 13. Habitantes por hogar.

Cantidad de personas por vivienda	Número de viviendas	Porcentaje (%)
1	3	4
2	13	17.33
3	12	16
4	17	22.66
5	14	18.66
6	7	9.33
7	6	8
8	3	4
Total	75	100

En su mayoría con un 22.66 % se observa que hay 4 personas por vivienda, seguido por un 18.66 % de 5 habitantes por vivienda. Esto con cuerda con el índice de hacinamiento planteado anteriormente en el diagnóstico económico del municipio (inciso 2.2.).

Prosiguen las viviendas con 2 habitantes con un porcentaje de 17.33 %. Esto es seguido por un 16 % donde habitan 3 personas por vivienda. En menor porcentaje el índice de hacinamiento es mayor, ya que un 9.33 % indica que 6 personas habitan la vivienda y un 4 % cuenta con 8 habitantes. De igual forma un 4 % indica que solo una persona habita su vivienda.

b. Tipo de recipiente de los residuos y desechos sólidos del estrato domiciliario

La mayoría de personas del municipio utiliza bolsas plásticas (46.66 %) o costales (41.33 %) para descartar sus desechos y residuos, como se observa en el cuadro 14. En su minoría utilizan cajas de cartón (8 %), ya que estas son reciclables y además son frágiles para el almacenamiento de desechos orgánicos.

Las personas que respondieron otro (4 %), depositan sus desechos y residuos en un bote de plástico directamente en el camión.

Cuadro 14. Tipo de recipiente para los residuos y desechos sólidos del estrato doméstico.

Tipo de recipiente	Número de viviendas	Porcentaje (%)
Bolsa plástica	35	46.66
Caja de cartón	6	8
Costal	31	41.33
Otro	3	4
Total	75	100

Por medio de la pregunta anterior se intenta examinar si el tipo de almacenamiento utilizado por los habitantes del municipio es o no correcto para evitar vectores. De esta forma, facilitar la segregación de residuos y desechos, así como si es de fácil manipulación al momento de su recolección.

El almacenamiento correcto de los residuos y desechos sólidos es el primer paso del manejo integral de desechos sólidos. Su manejo inapropiado tiene varios efectos negativos como plantea Figueroa (2008), “no solo en el manejo sino también en la salud de los habitantes de la vivienda”. Esto debido a lo siguiente:

- Uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños).
- Material de fabricación de recipientes inadecuada.
- Falta de segregación de residuos y desechos (orgánico e inorgánico).

Todo esto propicia que se afecte la salud de las personas debido a la proliferación de vectores como insectos o roedores. De igual forma puede causar accidentes al personal de recolección del tren de aseo, así como el retraso en los tiempos de recolección.

En el cuadro 15 se presentan las ventajas y desventajas de cada tipo de recipiente para seleccionar el más adecuado para el manejo integral de los residuos y desechos.

Cuadro 15. Ventajas y desventajas de los tipos de almacenamiento domiciliar de residuos y desechos sólidos.

Tipo de recipiente	Ventajas	Desventajas
Caja de cartón	<ul style="list-style-type: none"> ○ Económica ○ Liviana 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil deterioro ○ Se destruye fácilmente por efecto de los lixiviados ○ Difícil manejo ○ Fácil acceso a fauna nociva ○ Inflamable
Caja de madera	<ul style="list-style-type: none"> ○ Económica ○ Estructura sólida 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil deterioro ○ Provoca accidentes al personal de recolección ○ Dispersión indeseada de residuos y desechos. ○ Difícil manejo ○ Fácil acceso a fauna nociva ○ Inflamable ○ Volumen inadecuado
Basurero de aluminio	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil manejo ○ Mantiene condiciones sanitarias ○ Estructura sólida ○ Difícil acceso a fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil oxidación del aluminio ○ Fácil deterioro ○ Pueden provocar cortaduras serias

Continuación cuadro 15.

Tipo de recipiente	Ventajas	Desventajas
Basurero de plástico con tapadera	<ul style="list-style-type: none"> ○ Liviano ○ Fácil manejo ○ Mantiene condiciones sanitarias ○ Difícil acceso a fauna nociva 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil deterioro
Bolsa de papel	<ul style="list-style-type: none"> ○ Económica ○ Liviana ○ Reduce tiempo de recolección 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil ruptura ○ Fácil perforación ○ Fácil acceso a fauna nociva ○ Puede provocar lesiones al personal de recolección
Bolsa de plástico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Económica ○ Liviana ○ Fácil manejo ○ Reduce el tiempo de recolección ○ Mantiene condiciones sanitarias 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fácil perforación ○ Inflamable ○ Volumen inadecuado ○ Fácil acceso a fauna nociva ○ Retarda el proceso de descomposición de los residuos y desechos en los vertederos

Fuente Figueroa, 2008.

Según Figueroa (2008), “los recipientes más adecuados son los basureros de aluminio y los plásticos, de capacidad variable de acuerdo a la cantidad de residuos y desechos generados”.

Entre los recipientes plásticos, lo más recomendable son las canecas. Estas son de peso y construcción fácil de manipular para la recolección. Al ser el plástico un material impermeable estos son de fácil limpieza sin riesgo a la corrosión o al apareamiento del moho. Adicional a esto la caneca debe poseer tapa con buen ajuste para impedir la proliferación de vectores. En la figura 10 se muestra el ejemplo de una caneca plástica común para el uso doméstico.



Figura 10. Recipiente para el almacenamiento domiciliario de residuos y desechos sólidos.

Las bolsas plásticas para el almacenamiento son también recomendables por su facilidad de manipulación y sus otras características ya descritas anteriormente. Sin embargo, se debe de considerar que aumenta el volumen de los desechos durante su recolección y durante la disposición final. Al no ser un material biodegradable su acumulación cada vez es mayor. Según Hurtado (2009), “la degradación de este tipo de material toma aproximadamente 150 años”.

c. Frecuencia de recolección

El tren de aseo recoge los desechos y residuos normalmente dos veces por semana en cada vivienda como se observa en el cuadro 16. Los días varían dependiendo de las zonas.

Cuadro 16. Frecuencia de recolección semanal del estrato domiciliario en el municipio de San Rafael Las Flores.

Recolección (semanalmente)	Número de viviendas	Porcentaje (%)
0	38	50.66
1	10	22.22
2	26	34.66
3	1	1.33
Total	75	100

El tren de aseo municipal de San Rafael Las Flores era un servicio con una cobertura del 4 % del territorio para el año 2018, según los reportes de la municipalidad. Esta recolección se intenta realizar por lo menos dos veces por semana para cada vivienda. En el cuadro 107A, se muestran las rutas actuales para cubrir la recolección del municipio.

De acuerdo con los datos obtenidos de la encuesta, el 34.66 % de las viviendas encuestadas afirman que la recolección de sus residuos y desechos se da dos veces por semana. El 13.33 % indica que la recolección se da una vez a la semana. La mayoría, el 50.66 % de los encuestados no tiene acceso al servicio de recolección. Únicamente un 1.33 % de los encuestados indica que la recolección de sus residuos y desechos se da 3 veces a la semana.

A nivel nacional, la recolección de los residuos y desechos es uno de los principales problemas de todos los municipios del país. Los datos del Perfil Ambiental (2006), muestran que han existido avances importantes en la cobertura de recolección: en 1994, el 19.70 % de las viviendas a nivel nacional contaba con servicio de recolección de basura, ya fuera municipal o privado. Mientras que para el 2002 existió un crecimiento en términos relativos de 12 puntos, pues el Censo de Habitación (2002) identificó que el 31.60 % de las viviendas contaban con este servicio.

No obstante, es importante destacar que según el Perfil Ambiental (IARNA,2006) estos adelantos se han localizado esencialmente en el área urbana. El porcentaje de recolección en estas áreas, a nivel nacional, se ha incrementado de 46.70 % en 1994 a 58.40 % en el 2002. La cobertura de recolección en el área rural ha conseguido alcanzar el 5 % en el 2002 y el 6 % en el 2004.

El problema de la deficiencia y falta de cobertura en la recolección de desechos sólidos implica problemáticas que afectan a todo el municipio ya que puede ocasionar:

- Surgimiento de vertederos clandestinos.
- Malas prácticas por parte de los habitantes para el manejo de los residuos y desechos (quema o entierro de estos).
- Proliferación de vectores.
- Degradación de los recursos naturales.

Actualmente el servicio de recolección con juntamente con el transporte y tratamiento de residuos y desechos sólidos no es un servicio sostenible para las municipalidades en general. “Esto ya que se calcula que la limpieza urbana consume entre el 15 % y el 20 % de los presupuestos municipales” (ONU-HABITAT, 2012). De esto las municipalidades recuperan entre el 40 % y el 50 % de los costos (Martínez, 2010) y cubren el resto con ingresos por otros conceptos.

“El problema radica en que la cultura de pago es muy débil, puesto que el número de municipios que lo factura no llega al 65 %” (Martínez, 2010). Tampoco suele haber una partida presupuestaria claramente asignada al sector ni un control sobre el uso de lo recaudado.

La municipalidad de San Rafael Las Flores tiene una tarifa de cobro de Q. 30.00 por el servicio de recolección. Sin embargo, debido a que solo el 4 % de los hogares paga el servicio, el tren de aseo representa un gasto insostenible para el presupuesto municipal.

Para poder establecer la tarifa sostenible es necesario conocer los costos de cada uno de los servicios que componen el manejo de desechos sólidos.

Para una recolección de residuos y desechos sólidos eficiente y eficaz deben de tomarse en consideración factores como:

- Recolección sanitaria.
- Número de vehículos.
- Tamaño del vehículo.
- Número de trabajadores por vehículo.
- Número de viajes por día.
- Ruta de recolección.
- Tipo de residuos por recolección.
- Horario de recolección.
- Frecuencia de recolección.

d. Alternativas por falta de servicio de tren de aseo

La mayoría de las viviendas esperan que pase el tren de aseo sin importar los días, o prefieren pagar un servicio privado de recolección para que se lleve sus residuos y desechos. Se observa en la figura 17.

En su minoría deciden enterrarla o quemarla si el tren no pasa el día que debería por sus zonas.

Cuadro 17. Alternativas por falta de servicio de tren de aseo en el municipio de San Rafael Las Flores.

Método alternativo de eliminación	Número de viviendas	Porcentaje (%)
Enterrar	3	4
Quemar	7	9.33
Tirar	43	57.33
Otro	22	29.33
Total	75	100

Existen escenarios en los cuales el tren de aseo no realiza su recorrido habitual. Esto puede deberse a problemas de desperfectos con el camión, o en fechas festivas. Cuando esto sucede los habitantes de San Rafael deben encontrar soluciones a la acumulación de residuos y desechos sólidos. Ya que la descomposición de estos comienza a generar olores desagradables y genera la proliferación de vectores.

Dentro de los métodos alternos de la eliminación de residuos y desechos sólidos se encontró que el 57.33 % de los habitantes tira estos productos por sus propios medios. Es decir, contratan un servicio privado de extracción que cobra por vivienda, el llevar los de residuos y desechos hasta el vertedero municipal.

Otros indican que lo tiran donde encuentran terrenos baldíos o cuerpos de agua y en basureros públicos de las calles. El 29.33 % indica que tiene varios métodos de eliminación. Cuando se les preguntó que métodos utilizaban, indicaron que realizaban aboneras, reciclaban lo que podían o que simplemente esperaban a que el servicio del tren de aseo se reactivara nuevamente.

El 9.33 % de la muestra indicó que quemaba los residuos y desechos cuando el servicio de recolección no trabajaba y en su minoría, un 4 % enterraba estos productos. Estas prácticas se llevaban a cabo en su mayoría en las zonas rurales alejadas del casco urbano. Estos porcentajes demuestran que es necesaria la búsqueda de métodos adecuados y eficientes para la recolección y disposición final de los residuos y desechos sólidos.

En Guatemala, según el Informe Nacional de Desarrollo Sostenible (IARNA,2012), el volumen total de los desechos que no es recolectado era de aproximadamente 11,010,638 T anuales, siendo tal cantidad dispuesta en botaderos ilegales, quemada o enterrada. Esta cantidad representa el 65 % de los desechos domiciliarios generados en el país. Estos dos últimos fenómenos de quema o entierro de desechos suceden con mayor frecuencia en el ámbito rural, en donde mayores extensiones de superficie y la dispersión de las viviendas refuerzan estas prácticas.

La quema de residuos y desechos a cielo abierto y en carencia de equipos de control adecuado genera sustancias peligrosas para el medio ambiente y el ser humano. Como lo son las más peligrosas las dioxinas y furanos. Estas son sustancias tóxicas y cancerígenas con falta de estabilidad química y de propiedades bioacumulativas en los tejidos grasos de los seres humanos y animales. Según Pérez (2012), “estas se distribuyen en el ambiente como parte de los gases, cenizas volátiles y cenizas sedimentadas”.

Además, en la quema también se liberan al ambiente gases como dióxido de carbono, monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno, mercurio, plomo, derivados del azufre, ozono (dañino a esta altura de la atmósfera), terpeno, benceno, butano, cenizas de fondo, material particulado (EPA, 2005).

Zamora (2013) indica que los contaminantes emitidos por las emisiones de la quema de desechos se depositan y son asimilados por los tejidos de las plantas de cultivo (las plantas asimilan el 10 % de la concentración de dioxinas y furanos presentes en el suelo). Para los contaminantes transportados por el aire, los mayores índices de exposición corresponden a

aquellos cultivos en los que la parte comestible queda expuesta. A pesar de que sean lavados, una cantidad importante entre el 15 % y 50 % permanece adherida.

Según Giraldo (2001), “el entierro de residuos y desechos sólidos sin tratamiento y en terrenos sin preparación previa, puede contaminar el suelo con lixiviados y metales pesados. Estos lixiviados pueden infiltrarse hacia el manto freático contaminando pozos de agua para el consumo humano o riegos”.

Los lixiviados de países en vías de desarrollo presentan concentraciones mucho mayores de DBO, amoníaco, metales y sustancias precipitables que aquellos de países desarrollados. Esto debido a altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable (MOFBD), que se tiene en los residuos sólidos. Este tipo de desechos produce altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y de amoníaco producto de la fermentación inicial. A su vez, estos ácidos se diluyen fácilmente en el lixiviado, le bajan el pH y contribuyen a la solubilización de los metales presentes en los residuos dispuestos en el suelo (Giraldo, 2001).

Otros factores de contaminación importantes que pueden infiltrar los lixiviados son los coliformes fecales y totales. Estos al llegar a los pozos de consumo humano y de riego pueden provocar serias enfermedades gastrointestinales a los humanos.

Planteados ya las situaciones de degradación ambiental y daños a la salud de los humanos se hace evidente que, a pesar de las mejoras a la cobertura del servicio de recolección de residuos y desechos, este debe seguir expandiéndose planteando soluciones eficaces y eficientes.

B. Resumen de los pesajes por día del estrato domiciliario

La suma total del peso de residuos y desechos sólidos por día se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Resumen de los pesajes por día del estrato domiciliar.

Totales	kg/día 1 martes	kg/día 2 miércoles	kg/día 3 jueves	kg/día 4 viernes	kg/día 5 sábado	kg/día 6 domingo	kg/día 7 lunes	Total
Total (kg)	236.79	169.95	166.17	183.91	183.60	176.55	167.35	1,284.32
Total (lb)	520.94	373.89	365.57	404.6	403.92	388.41	368.17	2,825.50

El peso puede diferir en los días, ya que esto depende de las actividades que se realicen dentro de las viviendas o el comercio. En el sector domiciliar el primer día muestra el valor más alto de 236.79 kg o 520.94 lb. Esto puede deberse a que la muestra aún se encuentra manipulada y las viviendas han depositado más desechos de los que normalmente depositan en un solo día. Los resultados del resto de la semana son más similares entre ellos. El día viernes y sábado (183.91 kg y 183.60 kg respectivamente) hay un leve aumento y vuelve a disminuir los días domingo y lunes (176.55 kg y 167.35 kg) esto se observa en la figura 11.

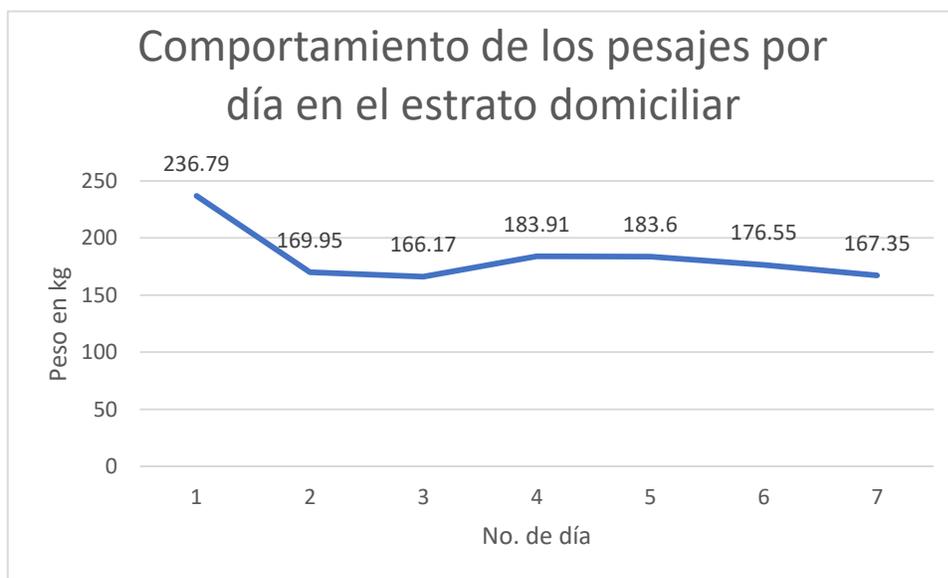


Figura 11. Comportamiento de los pesajes por día en el estrato domiciliar.

C. Determinación de la producción de residuos y desechos sólidos comunes por estrato, per cápita, composición y volumen

a. Producción per cápita por día

La producción per cápita de residuos y desechos sólidos de los habitantes de San Rafael Las Flores se obtiene con en las siguientes ecuaciones, mostrando sus resultados:

$$PPC = \frac{1284.32}{316} * \frac{1}{7} = 0.58 \text{ kg/hab/dia}$$

$$PPC = \frac{2825.50}{316} * \frac{1}{7} = 1.28 \text{ lb/hab/dia}$$

Después del procesamiento de los datos, se obtuvo que la producción de residuos y desechos por habitante del municipio de San Rafael Las Flores, por día es de 0.58 kg/hab/día en promedio. Esto es bastante similar al promedio nacional que es de 0.51 kg/hab/día según el MARN (2016).

Si se toma en cuenta este dato y se multiplica por la población del municipio que según el INE (2018), para el año 2018 fue de 12,641, se obtiene que diariamente se generaron 7,331.78 kg del estrato domiciliar únicamente. Al obtener este dato se evidencia que a pesar de que la producción *per cápita* (PPC) es un indicador de contaminación, también será un indicador de intensidad en el uso de recursos disponibles.

El cálculo de la PPC es un dato útil para las municipalidades, ya que a partir de este es posible la planificación de los servicios de manejo de residuos sólidos, su gestión económica y la valoración de los mismo. Es decir, que a mayor PPC los gastos para la correcta gestión de los residuos y desechos serán más elevados.

Orcosupa (2002), coincide en que el crecimiento acelerado que han experimentado los centros urbanos en las últimas décadas y el notorio aumento del ingreso per cápita en algunos países en desarrollo. Esto se manifiesta en el mayor consumo de bienes y facilidad para desechar o producir residuos. Esta situación ha hecho que el manejo de los residuos

sólidos se torne en una situación cada vez más compleja y de creciente interés para diversos sectores de la comunidad.

La cultura de lo descartable también ha venido a aumentar la producción de residuos y desechos sólidos alrededor del mundo desde los años 50. Los plásticos de un solo uso, objetos que son sustituidos por nuevos los embalajes de la comida causan el aumento en la producción per cápita. Por ende, en la disposición final de los residuos y desechos sólidos si estos no reciben un tratamiento.

La producción per cápita del municipio de San Rafael Las Flores puede variar por los siguientes factores:

- i. Ingresos económicos: cuantos más ingresos económicos tiene un habitante, mayor es su capacidad de consumo de bienes y servicios, por lo tanto, desecha más. Además, se ha visto que cuanto mayor es la capacidad adquisitiva de la población es frecuente la tendencia a usar productos con gran contenido de envases desechables.

Este no es el caso exacto de este municipio ya que según el Plan de Ordenamiento Territorial 2018-2032 (2017), la mayor cantidad de población vive en el área rural, dedicada a actividades agrícolas. Existe precariedad laboral que se caracteriza por condiciones como ingresos bajos. Según actores locales una persona al día gana como jornalero temporal de Q. 55.00 a Q. 60.00.

Al ser un área en su mayoría rural la PPC de 0.58 kg/hab/día es elevada siendo la media nacional de 0.51 kg/hab/día. Sin embargo, esto puede deberse al alto contenido de materia orgánica que se desecha y no se le da un aprovechamiento.

- ii. Otro factor que podría hacer variar la PPC es la época del año: debido a la época en la que fue realizado el muestreo, finales del mes de noviembre, cerca de las festividades de fin de año, puede que la muestra se encontrara alterada por los patrones de consumo durante esta época.

- iii. Otro factor importante es que debido a esta misma época las escuelas ya no se encuentran en funcionamiento en su gran mayoría debido a las vacaciones de fin de año. Durante el estudio solo pudo tomarse en cuenta dos escuelas que se encontraban dando cursos extraordinarios.
- iv. Días de la semana: la PPC durante la semana varía dependiendo de las actividades diarias. Por ejemplo, se puede observar en la figura de la recolección diaria del estrato domiciliar que durante la semana laboral (lunes a viernes) los pesajes se mantienen más bajos sin mucha variación. Esto cambia el fin de semana ya que los valores de pesaje aumentan desde el día viernes. Esto puede deberse al comportamiento de las personas ya que durante la semana laboral no se tiende a estar en la vivienda todo el día y no se recurre a festividades.

En cambio, durante el fin de semana se planifican reuniones o también se puede asociar a las actividades sólo de limpieza en casa durante los fines de semana, aumentando así la PPC durante estos días.

Sáenz (2014), indica que los problemas con la disposición de desechos sólidos pueden ser encontrados desde el tiempo en que los seres humanos empezaron a congregarse en tribus, poblaciones y comunidades y la acumulación de desechos se convirtió en una consecuencia de este tipo de vida. De igual forma, explica que el incremento anual promedio de la producción de residuos sólidos se ha estimado que está entre 3.20 % a 4.50 % para los países desarrollados y entre 2 % a 3 % para los países en vía de desarrollo. Esto quiere decir que la problemática de los residuos y desechos sólidos de no ser controlada, irá aumentando con el aumento de la población y de la urbanización cada año.

La PPC de residuos sólidos varía de una población a otra, de acuerdo con el grado de urbanización, tamaño de la localidad, densidad poblacional, nivel de ingreso, patrones de consumo y nivel socioeconómico de la población. De igual forma varía según el tipo y cantidad de los recursos económicos y tecnológicos con que se cuente para reciclarlos, tratarlos y/o aprovecharlos, así como de las capacidades de gestión institucional y de su

nivel de eficiencia. Influyen además en la generación de residuos los periodos estacionales y las actividades predominantes (por ejemplo, el turismo, comercio, entre otros).

Por otra parte, se ha observado que cuanto mayor es la cantidad de residuos y desechos sólidos producidos por habitante, el costo del servicio de aseo y limpieza aumenta. Esto debido a que se acelera la extracción de materia prima o recursos naturales y la descarga de residuos sobre el medio ambiente. De igual forma reduce la vida útil de los rellenos sanitarios. Por ello existe consenso internacional para priorizar la reducción o minimización de residuos (PNUD, 1992).

San Rafael Las Flores ya presenta problemas en el manejo de los residuos y desechos sólidos. Si este problema no es tratado desde ya, el problema seguirá en aumento afectando el medio ambiente y la misma salud de los habitantes. Debe de lograr tratarse la mayor cantidad de residuos para así disminuir la cantidad de desechos que van a disposición final y así alargar la vida del plan de manejo.

b. Prueba de composición física

Los resultados de la prueba de composición física se pueden observar en el cuadro 19.

Cuadro 19. Resultados prueba de composición física estrato domiciliario.

Materiales	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Porcentaje (%)
Aluminio	2.00	1.80	1.15	1.4	1.30	2.00	1.60	11.25	4
Bolsas plásticas	0.80	0.70	0.85	0.30	0.65	0.60	1.00	4.90	2
Cartón	3.20	2.70	1.90	2.20	2.50	3.00	3.80	19.30	6
Duroport	0.95	0.60	0.40	0.45	0.50	0.60	0.40	3.90	1
Metal	3.20	4.00	3.40	2.70	2.00	0.80	1.95	18.05	6
Orgánico	17.90	17.30	24.30	22.50	22.70	25.00	22.40	152.05	47

Continuación cuadro 19.

Materiales	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Porcentaje (%)
Otros plásticos	3.80	5.40	2.10	4.30	2.70	3.70	3.20	25.20	8
Papel	2.90	3.50	2.95	1.75	2.50	1.80	1.20	16.60	5
PET	2.20	1.30	1.50	1.60	2.30	2.40	2.80	14.10	4
Sanitario	2.70	4.50	3.80	4.00	5.20	3.30	3.70	27.20	8
Tela	2.65	2.30	0.50	1.30	1.60	0.00	1.10	9.45	3
Vidrio	3.60	1.55	3.10	3.70	2.20	3.30	2.60	20.05	7
Total (kg)	45.90	45.70	46.00	46.20	46.10	46.50	45.75	322.05	100
Total (lb)	101	100	101	102	101	102	101	708.51	100

La prueba de composición física durante el estudio fue necesaria ya que a partir de los resultados se evalúa que tipo de residuos y desechos sólidos predominan en el municipio y poder darles un tratamiento adecuado dependiendo de la cantidad que es generada. La composición se refiere a los componentes/materiales individuales presentes en la masa de residuos y su distribución en porcentaje, normalmente en peso.

La composición de residuos sólidos domiciliarios varía de acuerdo con el nivel de desarrollo de cada comunidad, el nivel socioeconómico de la población, características climáticas, costumbres, hábitos de consumo, actividades económicas y poder adquisitivo de la población. Incluso, dentro de la misma ciudad, la composición puede diferir de acuerdo con los distintos estratos socioeconómicos y a las diferencias entre las estaciones del año.

En lo que respecta al sector domiciliario los desechos orgánicos fueron los de mayor porcentaje con un 47 %. Esto quiere decir que el municipio de San Rafael Las Flores sigue la tendencia nacional y de América Latina, ya que según el Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina (1996), los valores de materia orgánica oscilan entre 40 % y 70 %. Estos más altos que el de los países industrializados.

El siguiente desecho que predomina en el sector domiciliario es el sanitario con un 8 %, catalogado como un desecho con cualidades bioinfecciosas. Según un estudio de la

Universidad tecnológica del Centro de Veracruz (2013), estos son considerados desechos y no residuos ya que no se les puede dar otro uso y deben de ser eliminados bajo medidas especiales.

Con otro 8 % está la categoría de otros plásticos que no cuentan como PET. Se realizó una categorización aparte por requerimiento de la municipalidad ya que, para poder dar un tratamiento adecuado a los desechos sólidos, los tipos PET recibirían un tratamiento distinto a los otros tipos de plástico.

El porcentaje de PET es del 4 %. Estos porcentajes pueden verse en aumento debido a la alta producción de plástico a nivel mundial. De acuerdo con la organización Greenpeace (2017), la producción total de plástico en 2016 alcanzó las 335 millones de T. A esta cantidad hay que sumarle las fibras sintéticas que se usan en la ropa, cuerdas, u otros productos, que de forma conjunta representaron 61 millones de T ese mismo año. Se estima que en 2020 se superarán los 500 millones de toneladas anuales, lo que supondría un 900 % más que los niveles de 1980.

“La problemática que representa este material es su gran tiempo de degradación en el medio ambiente, ya que puede ser desde 100 hasta 500 años. Estos también pueden desintegrarse en micro plásticos como cualquier otro plástico en general” (Greenpeace, 2017).

En menor cantidad se encuentran materiales como cartón, aluminio, metal, papel y vidrio, lo cual puede deberse a que el municipio se dedica más a actividades agrícolas. De igual forma los niveles económicos de la población, que se encuentra entre nivel medio a muy bajo, reduce el poder adquisitivo de objetos que dejen desechos de este tipo.

Las bolsas de plástico a pesar de que únicamente representan un 2 % de la muestra con 4.9 kg, pueden tener repercusiones negativas por el volumen que ocupan. De igual forma el tiempo de degradación que puede llegar a ser de hasta 500 años y la velocidad con las que se desplazan. Un kilogramo de bolsas de plástico contiene alrededor de 167 bolsas.

Quiere decir que en un año en el municipio de San Rafael Las Flores se descartan aproximadamente 255.50 kg de bolsas plásticas las cuales equivalen a 42,668 de bolsas provenientes del estrato domiciliar.

El mismo problema presentan los descartables de duroport, que junto con las bolsas plásticas son catalogados como plásticos de un solo uso. Según un informe del Ministerio de España la vida útil de estos tipos de plásticos es de 12 min antes de ser descartados. Al ser tan poca su duración de uso, su consumo aumenta cada vez que necesitamos utilizar una bolsa o algún insumo de duroport. Esto debido a que no se tiende a su reutilización y se contribuye a la gran acumulación de materiales no biodegradables.

c. Prueba de densidad de los residuos

Con esta prueba se determinó el volumen que ocupan los residuos y desechos con relación a su peso. Con base en esta información se pudo planificar factores como el número de trenes de aseo necesarios para la recolección, con la que debe de realizarse la recolección, así como el tamaño que debe de tener el vertedero municipal para poder solventar la demanda a futuro.

La prueba de densidad de los residuos del municipio se realizó para que la municipalidad pueda conocer los flujos de producción dentro de este y así poder brindar un servicio más eficiente de recolección y tener un relleno sanitario eficaz y duradero. Es decir, con base en el volumen generado se puede determinar el peso y con base en la densidad se puede obtener una idea del material contenido.

Los resultados diarios de la prueba de densidad se muestran en el cuadro 20.

Cuadro 20. Resultados de la prueba de densidad estrato domiciliar.

Totales	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Promedio (%)
Kilogramos (kg)	29.00	21.45	24.00	31.45	27.30	25.90	30.2	23.75	27.04
Libras (lb)	63.80	47.19	52.80	69.19	60.06	56.98	66.40	52.25	66.95
Densidad (kg/m ³)	538.90	398.60	445.9	584.4	507.3	481.3	561	441.34	494.88
Densidad (lb/m ³)	1,185.6	876.92	981.2	1,285	1,116	1,058	1,234	970.9	1,088.74

Según Sakurai (1983), “la densidad de los desechos producidos en los países latinoamericanos es superior a la de los países industrializados. Esto es debido a su menor contenido de papeles y plásticos y mayor abundancia en materia orgánica”.

Con los datos anteriores se analizó que si se obtiene un volumen elevado y poca densidad se puede deducir que la mayoría de desechos y residuos son orgánicos, es decir materiales que pueden pasar por el proceso de compostaje. En cambio, si la relación es inversa, hay menor volumen y mayor densidad, entonces se puede inferir que contiene materiales inorgánicos como plásticos que pueden ser reciclados.

Para el estrato domiciliar se obtuvo una densidad de 494.88 kg/m³, lo cual indica una alta densidad. Al realizar la comparación con la prueba de composición física de este estrato, se puede validar que la muestra si posee una alta cantidad de materia orgánica con relación al volumen que ocupa.

5.1.2 Identificación y cuantificación de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato comercial

A. Resultado de encuestas del estrato comercial

a. Tipo de recipiente de los residuos y desecho sólidos del estrato comercial

En el sector comercial prevalece el uso de bolsas plásticas para el almacenamiento de los residuos por una gran mayoría como puede observarse en el cuadro 21. Siguiendo a este se encuentra el uso de costales que sobran de los productos que distribuyen. En su minoría el sector comercial utiliza cajas de cartón como almacenamiento

Cuadro 21. Tipo de recipiente de los residuos y desechos sólidos del estrato comercial.

Tipo de recipiente	Número de comercios	Porcentaje (%)
Bolsa plástica	38	55.07
Caja de cartón	13	18.84
Costal	18	26.08
Total	69	100

El sector comercial mantiene el mismo comportamiento que el sector domiciliario en cuanto al tipo de recipiente en el que almacenan los residuos y desechos durante la disposición inicial. El 55.07 % de los comercios encuestados indica que utiliza bolsas plásticas para el almacenaje debido a su fácil manipulación y a la capacidad de almacenamiento que tiene.

El 26.09 % de los comercios indica que reutilizan costales vacíos de los productos que tienen a la venta para almacenar sus residuos y desechos. Por último, un 18.84 % utiliza

cajas de cartón sobrantes de sus productos para almacenar sus residuos y desechos sólidos.

b. Frecuencia de recolección de los residuos y desechos sólidos

La frecuencia en la recolección de los residuos y desechos sólidos como, puede observarse en el cuadro 22 por mayoría prevalece en dos recolecciones por semana. Esto no varía el sector comercial, ya que indica que la recolección se da únicamente una vez por semana en su minoría. Muy pocos negocios expresaron que no cuentan con el servicio de recolección municipal.

Esto muestra una diferencia con el sector domiciliario ya que hay más establecimientos comerciales que sí cuentan con el servicio de recolección que domicilios.

Cuadro 22. Respuestas pregunta 2 del estrato comercial.

Recolección (Semanalmente)	Número de comercios	Porcentaje (%)
0	2	2.90
1	16	23.19
2	51	73.91
3	0	0.00
Total	69	100

Para el estrato comercial los resultados difieren ya que el 73.91 % de la muestra indica que el tren de aseo recolecta sus residuos y desechos 2 veces por semana. El 23.19 % indica que la recolección se da únicamente 1 vez por semana y el 2.90 % no cuenta con servicio de recolección.

c. Alternativas por falta de servicio de tren de aseo

Se puede visualizar en el cuadro 23 que en el sector comercial la gran mayoría de los negocios utilizan como método alternativo el tirar los residuos y desechos por su cuenta si el tren de aseo no siguiera su ruta. Después de este método le sigue el término *otros* que incluyen prácticas como el reciclaje o el compostaje. Siguiendo a esta práctica de reciclaje o compostaje, el sector comercial quema sus residuos y desechos y una pequeña minoría procede a enterrarlos.

Cuadro 23. Alternativas por falta de servicio de tren de aseo.

Método alternativo de eliminación	Número de comercios	Porcentaje (%)
Enterrar	2	2.90
Otro	16	23.19
Quemar	9	13.04
Tirar	42	60.87
Total	69	100

Nuevamente el sector comercial se comporta de forma muy similar al sector domiciliario, ya que el 60.87 % desechan sus residuos y desechos tirándolos por sus propios medios en diferentes lugares como los depósitos públicos o en vertederos ilegales. El 23.19 % tienen métodos alternos a la eliminación o esperan el tiempo que sea necesario para que el tren de aseo reanude sus actividades. En su minoría un 13.04 % decide quemar los desechos y un 2.90 % los entierra.

B. Resumen de pesajes por día del sector comercial

La suma total del peso de residuos y desechos sólidos por día se muestra en el cuadro 24.

Cuadro 24. Resumen de pesajes por día del sector comercial de San Rafael Las Flores durante muestreo.

Descripción	kg/ día 1 martes	kg/día 2 miércoles	kg/día 3 jueves	kg/día 4 viernes	kg/día 5 Sábado	kg/día 6 domingo	kg/día 7 lunes	Total
Total (kg)	237.42	236.20	236.98	219.17	246.10	238.55	246.2	1,660.62
Total (lb)	522.32	519.64	521.35	482.17	541.42	524.81	541.64	3,653.36

Entre semana en el sector comercial se observan valores similares hasta el día viernes con 219.17 kg. Se puede observar que los valores aumentan los días sábado domingo y lunes (246.10 kg, 238.55 kg y 246.20 kg respectivamente). Esto puede deberse al aumento de las ventas y consumo de productos en los establecimientos. Esto puede observarse de mejor forma en la figura 12.

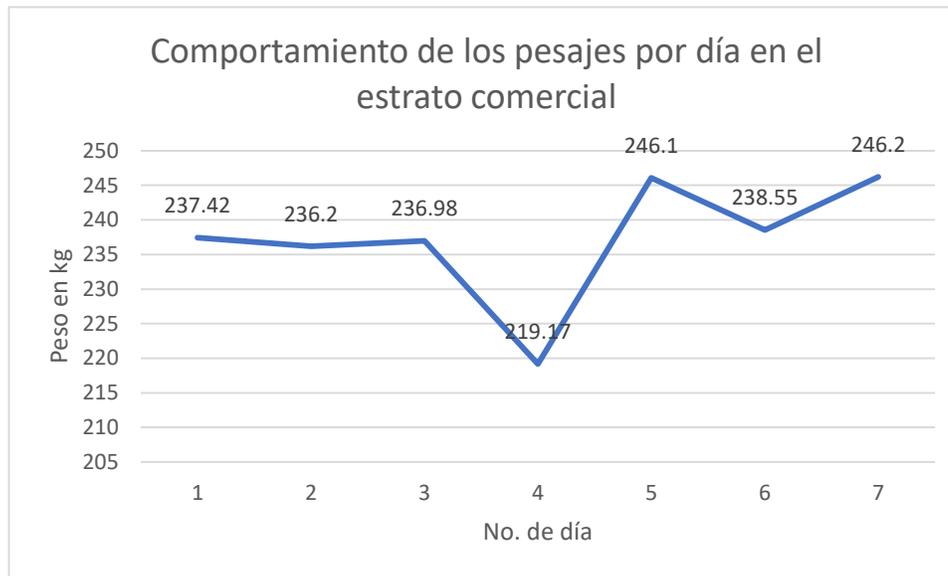


Figura 12. Comportamiento de los pesajes por día en el estrato comercial.

C. Determinación de la producción de residuos y desechos sólidos comunes por estrato, per cápita, composición y volumen

a. Producción per cápita

Los resultados de la producción per cápita del estrato comercial se muestra en las siguientes fórmulas, mostrando los resultados:

$$PPC = \frac{1660.62}{69} * \frac{1}{7} = 3.44 \text{ kg/comercio/dia}$$

$$PPC = \frac{3653.36}{69} * \frac{1}{7} = 7.56 \text{ lb/comercio/dia}$$

En el estrato comercial la PPC obtuvo un valor mucho más elevado que en el estrato domiciliar ya que esta fue de 3.44 kg/ comercio/ día. El comportamiento se mantuvo bastante

similar al estrato domiciliario. Durante los días laborales (lunes a viernes) la curva mantiene un comportamiento similar excluyendo el día miércoles que presenta una disminución.

Los días del fin de semana la PPC del estrato comercial presenta valores más altos en comparación con los valores dados entre semana, en especial el día sábado. El día domingo disminuyen los desechos y residuos, pero siempre se encuentran por encima de los valores de lunes a viernes.

Los residuos del día lunes siguiente y último día del muestreo, se encuentran más elevados a todos los días anteriores. Este comportamiento puede deberse a lo explicado anteriormente. De lunes a viernes el consumo de los habitantes del municipio es más bajo ya que se encuentran en sus trabajos o actividades domiciliarias. En cambio, los fines de semana son aprovechados para realizar festividades, o dedicarse a la limpieza de las casas o comercios lo cual aumenta la PPC. De igual forma la baja de PPC durante el día domingo puede asumirse que son días en que los habitantes aprovechan para salir a actividades recreativas y aumentan su consumo en restaurantes, comedores o tiendas.

b. Prueba de composición física

En el cuadro 25 se muestran los resultados de la prueba de composición física durante los 7 días de muestreo.

Cuadro 25. Resultados de la prueba de composición física estrato comercial.

Material/Día	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Porcentaje (%)
Aluminio	6.75	5.60	4.60	4.20	5.10	6.90	5.50	38.65	12
Bolsas plásticas	2.60	2.00	2.20	1.80	2.50	2.00	2.30	15.40	5

Material/Día	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Porcentaje (%)
Cartón	4.90	6.00	8.70	6.90	7.00	7.80	6.90	48.20	15
Duroport	1.80	1.35	1.15	1.60	1.00	1.00	1.70	9.60	3
Metal	1.20	2.30	1.90	0.00	1.30	0.95	1.40	9.05	3
Orgánico	3.40	2.15	2.70	2.90	2.95	3.50	3.00	20.60	6
Otros plásticos	5.00	8.20	4.30	6.5	4.40	2.80	4.70	35.90	11
Papel	6.30	3.40	1.55	2.75	1.60	2.50	3.30	21.40	7
PET	4.55	6.50	8.85	7.40	8.20	7.80	7.40	50.70	16
Sanitario	1.20	2.70	2.40	2.80	4.40	3.80	2.60	19.90	6
Tela	0.75	0.00	0.20	0.60	0.30	0.90	0.75	3.50	1
Vidrio	7.10	5.60	6.70	8.45	7.00	5.25	6.15	46.25	15
Total (kg)	45.55	45.80	45.25	45.90	45.75	45.2	45.70	319.15	100
Total (lb)	100.2	100.76	99.55	100.98	100.7	99.44	100.54	702.13	100

En el estrato comercial el comportamiento es muy diferente al domiciliario en San Rafael Las Flores, ya que el residuo con mayor predominio es el PET con un porcentaje de 16 %. Las botellas de gaseosas o agua potable representan de igual forma un gran problema para el medio ambiente. Su practicidad para llevar líquidos y su relativo bajo costo han hecho que el uso de las botellas de este material sea muy popular, pero en realidad no se toman en cuenta sus impactos negativos sobre la salud y medio ambiente.

“La degradación de las botellas de PET puede tomar de 100 a 1000 años” (Cuevas, 2017), y además de los efectos por acumulación en los ecosistemas, al degradarse, los plásticos son una fuente importante de gases de efecto invernadero. Según Rodríguez (2019), “el plástico libera una variedad de sustancias químicas durante su degradación, algunas de las cuales tienen un impacto negativo en los organismos y ecosistemas. Además, la exposición a la luz solar de los plásticos más comunes, es susceptible de producir la liberación de metano y etileno, dos potentes gases a la hora de generar efecto invernadero”.

Debido a la alta tasa de desecho que tiene San Rafael Las Flores de las botellas de PET, se deben considerar planes de reciclaje para estas, así como campañas de concientización para el reciclaje, reúso y rechazo desde la fuente.

Los siguientes materiales que destacan en el estrato comercial son el cartón y el vidrio con un 15 % cada uno del porcentaje total. El cartón en su mayoría proviene de las cajas en las que son almacenados productos para la venta. El cartón al ser un material que proviene de materia orgánica como el papel o material reciclado, no presenta en sí un problema de contaminación al medio ambiente por su fácil reciclaje y biodegradación. Y al ser reciclada una tonelada de cartón reciclado, se ahorran 140 l de petróleo, 50,000 l de agua, 2 m³ de espacio en un vertedero, y 900 kg de dióxido de carbono, frente a un cartón obtenido de materias primas (Info-reciclaje, s.f.).

En lo que respecta al vidrio, los residuos de vidrio que más se encontraron fueron envases de alimentos, bebidas, así como fragmentos rotos de este material. Los residuos no fueron tantos como los de cartón, pero influye mucho su peso. El vidrio es un material inerte que no contamina al medio ambiente ya que puede ser reutilizado y reciclado sin un límite de veces.

El 12 % de los materiales encontrados en este estrato proviene del aluminio, siendo este en su mayoría latas de bebidas carbonatadas o alcohólicas. “Las latas de este material tardan hasta 10 años en degradarse” (Cuevas, 2017), “y su producción es muy contaminante ya que se generan emisiones de CO₂, consumo de energía, produce deforestación y contaminación de aguas”.

Sin embargo, según la Universidad del País Vasco (2016), “las latas de aluminio son el envase más sostenible ya que las latas han mejorado su huella de carbono en un 20 % y necesitan un 14 % menos de energía para su fabricación. Además, son un 2 % más ligeras y esto supone que se necesita menos combustible para su transporte. Es decir, un menor impacto ambiental”.

El papel tiene un porcentaje de 7 % y en su mayoría fueron encontradas hojas de papel blanco ya utilizadas y papel periódico. Según Zamora (2013), “al ser un residuo que proviene de la celulosa, su degradación en el medio ambiente toma alrededor de un año, aunque para reducir sus impactos negativos al medio ambiente, este es un material que también podría ser reciclado”.

Se puede observar que dentro de los resultados obtenidos el porcentaje de materia orgánica, así como el sanitario que predominaban en el estrato domiciliario, en este estrato comercial son mucho más bajos con un 6 % cada uno. Esto porque las actividades humanas que se realizan en ambos estratos son muy diferentes, así como la cantidad de personas que se encuentran en los estratos.

Este estudio identificó la proporción de los desechos y residuos orgánicos e inorgánicos que son generados y así se valora su potencial de tratamiento para reciclaje o disposición final, así como estimar el espacio y la infraestructura necesaria para la construcción de un relleno sanitario adecuado.

La clasificación y composición de los desechos sólidos están interrelacionadas. El conocimiento de la clasificación de los residuos y su composición tanto física como química, resultan relevantes para la selección y operación de equipos e instalaciones (Tchobanoglous, 1982).

c. Prueba de densidad

Los resultados obtenidos día a día, en donde se utilizó la fórmula anterior, son los que presentan en el cuadro 26 (inciso 4.1.2).

Cuadro 26. Resultados prueba de densidad estrato comercial.

Elemento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	Promedio
Total (kg)	19.45	18.15	20.00	23.60	24.25	21.50	22.70	149.65	21.38
Total (lb)	42.79	39.93	44.00	51.92	53.35	47.30	49.94	329.23	47.03
Densidad (kg/m ³)	361.43	337.28	371.65	438.55	450.63	399.53	421.83	2,780.90	397.27
Densidad (lb/m ³)	795.15	742.01	817.64	964.81	991.39	878.96	928.02	6,117.99	874.00

El estrato comercial muestra una variación de aproximadamente 100 kg/m³ de la muestra en relación con estrato domiciliario ya que su densidad es de 397.27 kg/m³. Esto se debe a que según la prueba de composición física los desechos orgánicos no se encuentran en gran abundancia, como el caso de los materiales PET, vidrio y cartón.

Se debe tomar en consideración que en ninguno de los estratos las muestras fueron compactadas mecánicamente, únicamente se dejó caer el tonel 3 veces desde una altura de 10 cm para asentar los residuos y desechos.

Esto indica que es una gran cantidad de desechos y residuos para el espacio muestral, ya que según Jaramillo (2002), “en el caso de los países de América Latina y el Caribe, el peso específico o densidad alcanza valores de 125 kg/m³ a 250 kg/m³”.

Los resultados obtenidos son utilizados para la planificación de un manejo integral de los residuos y desechos sólidos en el sentido que determinar la capacidad de almacenaje y diseño del relleno sanitario. De acuerdo al tipo de residuos, asimismo permite seleccionar el vehículo de transporte más adecuado y la frecuencia de la recolección.

Para obtener la densidad en el vehículo recolector, se divide el peso de las toneladas transportadas y el volumen que ocupan en el vehículo. Esta densidad lógicamente debe ser

mayor. La densidad del residuo en vertedero se obtendrá midiendo el volumen topográficamente. Además, si se conoce la densidad que se obtiene en el vertedero (alrededor de 600 kg/m^3 - 800 kg/m^3) y los metros cúbicos de los que se dispone para verter los desechos, se puede obtener en forma sencilla los años de su vida útil (CEPAL, 2016).

5.2 Propuesta de lineamientos para un plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio San Rafael las Lores

5.2.1 Planteamiento del problema

Los residuos y desechos sólidos del municipio no reciben un tratamiento apropiado. Además, se encuentran deficiencias en la recolección y disposición final. No se cuenta con una cultura de clasificación desde la fuente, lo cual ocasiona que los residuos sean contaminados con desperdicios alimenticios o desechos sanitarios, haciendo así imposible su reutilización y/o valorización.

Al ser esta la situación, todo lo que es recolectado desde la fuente es llevado a su disposición final directamente, ocasionando un volumen elevado en el sitio. A esto se unen prácticas inadecuadas como la quema o el entierro de dichos residuos y desechos.

El sitio de disposición final tampoco cuenta con las condiciones ambientales necesarias para este fin. Al ser un terreno sin ninguna impermeabilización del suelo y ninguna infraestructura, prácticamente se reduce a un botadero a cielo abierto.

Tanto el medioambiente como los seres humanos pueden verse afectados ante dichas condiciones. Es por eso que a la municipalidad según el artículo 68 del código municipal (2002) le compete no solo la recolección, sino también el tratamiento de los residuos y desechos sólidos, así como su disposición final. Esto quiere decir que la municipalidad de San Rafael Las Flores está en la obligación legal de recolectar el 100 % de los residuos y

desechos sólidos generados por sus habitantes, así como la reducción de los desechos que van a disposición final por medio del tratamiento de los residuos.

De igual forma debe contar con un lugar que cuente con las medidas ambientales necesarias para la disposición final de los desechos, donde el medio ambiente y los seres humanos no se vean afectados por el sitio. La problemática se resume en el cuadro 27.

Cuadro 27. Resumen del planteamiento del problema.

Resumen del planteamiento del problema	
Definición del problema	Contaminación ambiental producida por residuos y desechos sólidos sin tratamiento
Relación con los lineamientos de la institución	Es competencia de la municipalidad según el código municipal, el proveer un servicio de recolección, tratamiento y disposición final adecuado a los residuos y desechos sólidos
Población afectada correspondiente al área afectada	Al no haber un sistema adecuado de manejo de los desechos sólidos efectivo e integral, la población de todo el municipio se ve afectada [acuerdo al último censo nacional del año 2018 (INE, 2018) es de 12,641 habitantes].
Gravedad del problema	Los recursos naturales: agua, suelos, vegetación y animales se están viendo afectados, al igual que el ser humano por la proliferación de vectores

Continuación cuadro 27.

Resumen del planteamiento del problema	
Posibilidades y limitaciones relacionadas	No existe un presupuesto sostenible dentro de la municipalidad para el manejo de los residuos y desechos sólidos ya que no existe una cultura de pago por dicho servicio, así como la falta de concientización ambiental.
Soluciones planteadas anteriormente	Se cuenta con un tren de aseo y un terreno para la disposición final

5.2.2 Análisis de la problemática de la mala disposición de los residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores

Con el árbol de causas y efectos se determinó la problemática central con respecto a los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores, así como las causas y efectos asociados a este problema. Esto puede observarse en la figura 13.

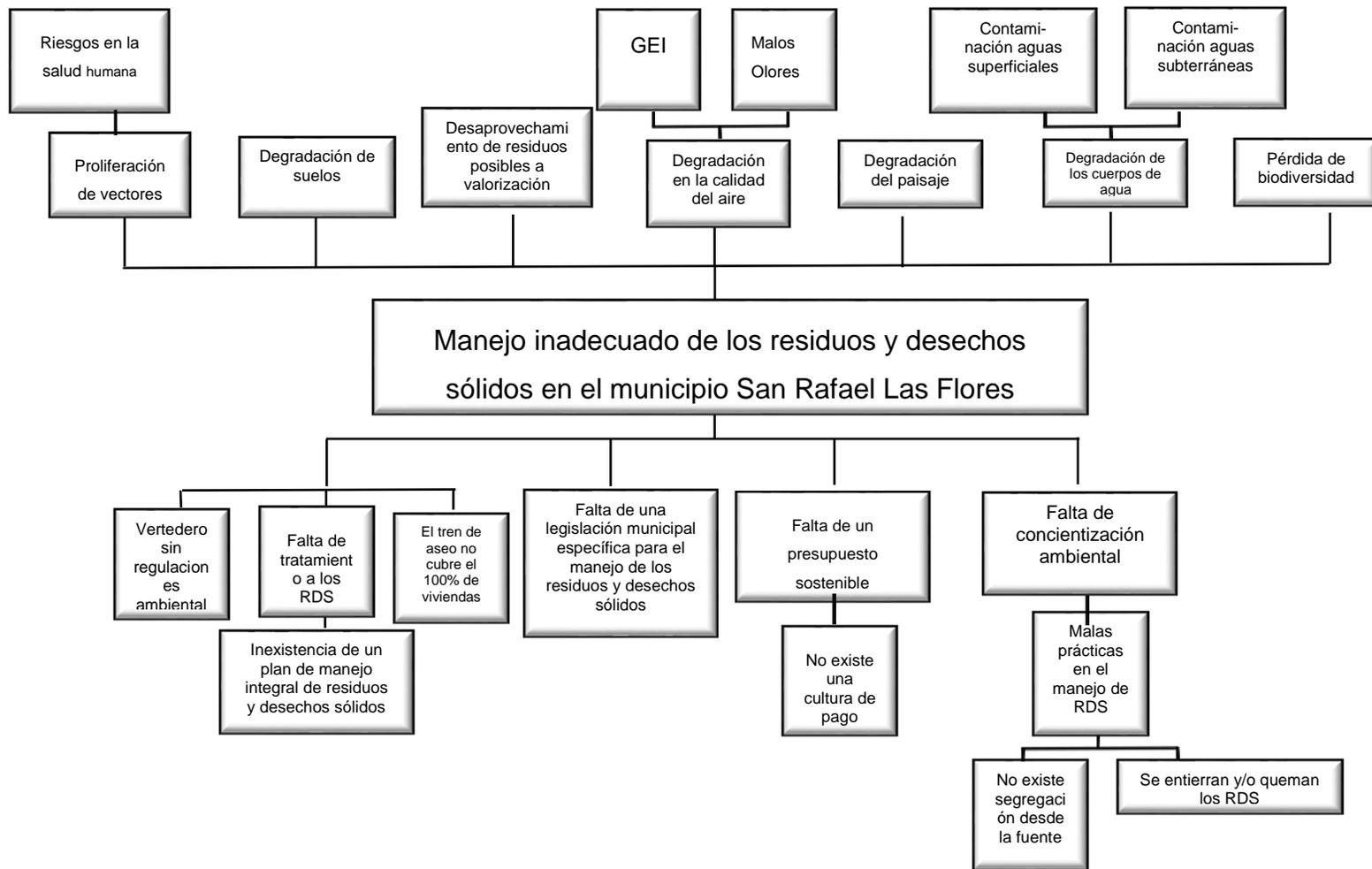


Figura 13. Árbol de causas y efectos del plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos.

5.2.3 Transformación de la problemática de la mala disposición de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores

El árbol de medios y fines está basado en el árbol de causas y efectos (figura 18). Este plantea objetivos o metas a alcanzar con la conservación del medio ambiente por el tratamiento de residuos y desechos sólidos, llevando a cabo un plan de manejo integral de estos lo cual se observa en la figura 14.

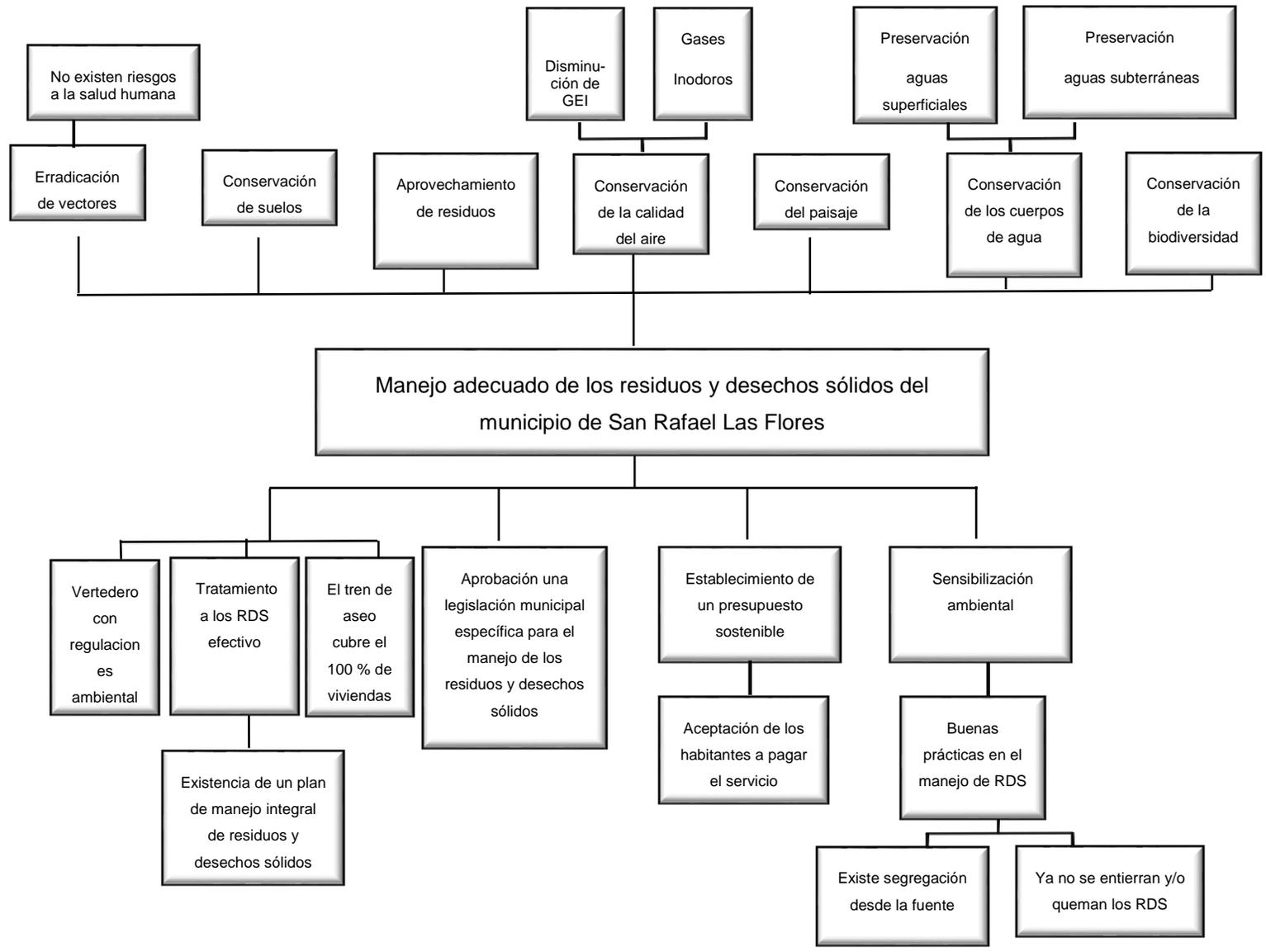


Figura 14. Árbol de medios y fines del plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos.

5.2.4 Búsqueda de soluciones y planteamiento de alternativas

A partir del árbol de medios y fines se han identificado las acciones para lograr los objetivos del proyecto ambiental que tiene por fin la conservación del medio ambiente por medio del empleo de un plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos.

Dentro de las acciones que se pueden contemplar de manera viable no solo para la municipalidad, también para la población están:

- La creación del plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos específico para el municipio que contemple los preventivos como la reducción de desechos. Así mismo, como la gestión domiciliar de estos como la segregación y el almacenamiento y la gestión municipal. Esta última compuesta por la recolección, el tratamiento y la disposición final.
- La construcción de infraestructura adecuada para la disposición final, que cuente con regulaciones ambientales y de sanidad para evitar daños a la salud y el medio ambiente.
- Cobertura total del tren de aseo mediante la planificación de rutas inclusivas y efectivas, contratación del personal adecuado, y además contar con una cantidad de camiones recolectores de acuerdo con la demanda.
- Creación de una normativa municipal para un fortalecimiento legal y administrativo de los procesos.
- Establecimiento de un presupuesto mensual fijo y de acuerdo con las necesidades del plan, así como la aceptación por parte de la población del pago del servicio de recolección. De igual forma valorizar económicamente los residuos para obtener ganancias y así sustentar parte del plan.
- Sensibilización ambiental para la población en general, así como para quienes recolectan y disponen los residuos y desechos sólidos, eliminando así malas prácticas del manejo de residuos y desechos sólidos.
- La segregación desde la fuente es el paso más importante de un plan de manejo de residuos y desechos sólidos, así que es importante formar a todos los miembros de los

hogares por medio de talleres municipales, capacitaciones en escuelas, propaganda comercial etc.

Para poder iniciar dichas acciones se deben crear líneas de acción con enfoque a las problemáticas planteadas en el árbol de problema. Al asociar los problemas y sintetizarlos para dicha creación se obtuvieron las propuestas de las líneas estratégicas, mostradas en el cuadro 28.

Cuadro 28. Propuestas de líneas estratégicas para el plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores.

Alternativas de solución	Líneas estratégicas propuestas
<ul style="list-style-type: none"> ○ Existencia de un plan de manejo integral de residuos y desechos sólidos. 	Creación de un PMIRDS de acuerdo a las condiciones específicas del municipio.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Aprobación de una normativa municipal. ○ Establecimiento de un presupuesto sostenible. 	Fortalecimiento legal y administrativo.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sensibilización para el manejo de los desechos sólidos. ○ Aceptación de la población a pagar el servicio. 	Programas de sensibilización.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Vertedero con regulaciones ambientales. 	Construcción de un relleno sanitario y una planta de tratamiento.

Al tener las líneas estratégicas definidas con las acciones a realizar, se puede cumplir con los objetivos planteados en el árbol de medios y fines, y así cumplir con la legislación vigente en el código municipal (2002). Los objetivos sintetizados serían los siguientes:

- Eliminación de vectores que causan riesgos a la salud humana.
- Conservación y protección de los recursos naturales.
- Aprovechamiento de los residuos para su valorización económica.

5.2.5 Matriz de marco lógico del plan integral de manejo de residuos y desechos sólidos

El cuadro 29 muestra la matriz de marco lógico la cual presenta un resumen de las líneas estratégicas del proyecto, las acciones a tomar y sus indicadores. Esta matriz servirá para el control y la evaluación del proyecto.

Cuadro 29. Matriz de marco lógico del plan integral de manejo de los residuos y desecho sólidos.

Jerarquía de objetivos	Resumen de objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Conservación ambiental por el tratamiento de residuos y desechos sólidos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Después del primer año de puesto en marcha el PMIRDS el 100 % de las viviendas tendrá servicio de recolección. 2. A los 3 años ya se contará con un relleno sanitario con las regulaciones ambientales necesarias y se comenzará con la construcción de la planta de tratamiento. 3. En el primer año se tendrá un 75 % de las políticas municipales específicas para el manejo de residuos y desechos sólidos. 4. Al segundo año un 80 % de los habitantes habrán recibido capacitaciones y participado en talleres para el MRD. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encuestas sobre la frecuencia de recolección. 2. Estadísticas generadas por los productos obtenidos en el relleno sanitario. 3. Número de políticas creadas. 4. Número de capacitaciones impartidas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se cuenta con los recursos necesarios para el cumplimiento del PMIRDS. 2. El relleno sanitario cumple con su función de forma óptima. 3. Las nuevas políticas son incluyentes e integrales. 4. La población participa activamente en las capacitaciones.
Propósito	Protección de los recursos naturales y la salud humana.	<ol style="list-style-type: none"> 1. En el segundo año la proliferación de vectores habrá disminuido un 80 %. 2. Al tercer año la degradación de los suelos habrá disminuido en un 100 %. 3. A los 5 años se estará aprovechando y valorizando entre el 75 % y 95 % de los residuos y desechos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encuestas a habitantes. 2. Evaluación de impacto. 3. Estadísticas del centro de salud. 4. Ingresos económicos por valorización de residuos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los RDS ya no causan un riesgo en la salud de la población. 2. El relleno sanitario cuenta con una geomembrana específica para evitar percolados. 3. Existe un mercado que valore los RDS generados en el

Jerarquía de objetivos	Resumen de objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
		sólidos. 4. A los 5 años la calidad del paisaje del municipio estará restablecida en un 100 %.		municipio. 4. La calidad del paisaje será restablecida.
Componentes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecimiento de un relleno sanitario con regulaciones ambientales. 2. Tratamiento efectivo de los RDS. 3. Sensibilización a la población. 4. Segregación de RDS desde la fuente. 5. Fortalecimiento legal y administrativo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El relleno sanitario cumple al 100 % con las regulaciones ambientales. 2. Los RSD son tratados de un 75 a un 95 %. 3. La población es sensibilizada en un 100 % al final del proyecto. 4. El 100 % de los residuos son segregados desde la fuente. 5. La municipalidad cuenta con una normativa que rija el 100 % de la problemática de los RDS. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación de impacto ambiental. 2. Ingresos económicos por valorización de residuos. 3. Encuestas a los habitantes. 4. Estadísticas generales de los residuos y desechos generados. 5. Ingresos por pago del servicio de recolección. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El relleno sanitario es construido bajo todos los principios de ingeniería requeridos. 2. La planta de tratamiento tiene la capacidad de tratar todos los RDS. 3. La población tiene interés en el manejo adecuado de los RDS y los segrega en sus hogares. 4. Los habitantes segregan todos sus residuos y desechos. 5. La normativa municipal es efectiva y eficiente

Jerarquía de objetivos	Resumen de objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Acciones	1. Construcción de un relleno sanitario. 2. Construcción de una planta de tratamiento de RDS. 3. Creación de un PIMRDS. 4. Capacitaciones Infantiles. 5. Capacitaciones sobre buenas prácticas de MRDS. 6. Capacitaciones a los operadores de la planta de tratamiento y tren de aseo. 7. Promulgación de normativas municipal para el MRDS. 8. Programas de difusión y extensión.	1. Construcción de un relleno sanitario y una planta de tratamiento con un costo de Q. 3,727,902.25. 3. Implementación de un PMIRDS con un costo mensual de Q. 150,772.53. 4. Programas de capacitación en las escuelas colegios e institutos del área con un costo de Q. 5,000.00 5. Programas de Capacitación de buenas prácticas del MRDS a nivel municipal con un costo de Q. 5,000.00 mensuales. 6. Programas de capacitación a los operadores de tren de aseo. 7. Establecimiento de un acuerdo municipal para el MIRDS. 8. Distribución de folletos informativos con un costo de Q. 4,000.00.	1. Facturas y boletas de los gastos realizados. 2. Reducción en los problemas ambientales generados por los RDS. 3. Encuestas a los alumnos de las escuelas. 4. Encuestas a los habitantes del municipio. 5. Evaluaciones al personal municipal. 6. Evaluaciones a los operadores de la planta y el tren de aseo. 7. Aumento de la participación civil en el PMIRDS. 8. Facturas y recibos por costos de los folletos.	1. Se cuenta con el presupuesto necesario para concluir cada una de las actividades. 2. Se obtiene la licencia de construcción del relleno sanitario y la planta de tratamiento. 3. Se cuenta con el personal profesional para las capacitaciones. 4. Se capacitan a todos los estudiantes de los centros educativos. 5. La población participa en todas las capacitaciones. 6. Los operadores del tren de aseo y de la planta realizan sus trabajos eficientemente. 7. La normativa es completada y acatada efectivamente. 8. La población es informada por medio de los folletos.

5.2.6 Líneas estratégicas del plan Integral de manejo de residuos y desechos sólidos

Las líneas estratégicas a trabajar, como ya se planteó anteriormente tienen como base los medios y fines propuestos en la figura 24. Sin embargo, es necesario detallar las actividades, los responsables y los objetivos de cada una de las líneas.

A. Línea estratégica 1: creación de un plan Integral de manejo de residuos y desechos sólidos

Un plan de gestión integral de manejo de desechos sólidos considera varias etapas que van desde el momento en que se genera un residuo o un desecho hasta su disposición final. Sin embargo el PMIRDS tiene como propósito que la menor cantidad de desechos llegue a disposición final reduciendo así su volumen. Esto se logra por medio de la reducción, recuperación y revalorización de residuos y que estos sean reincorporados nuevamente al ciclo de producción.

En la figura 15 se pueden observar las diferentes etapas que conlleva el manejo de residuos y desecho sólidos

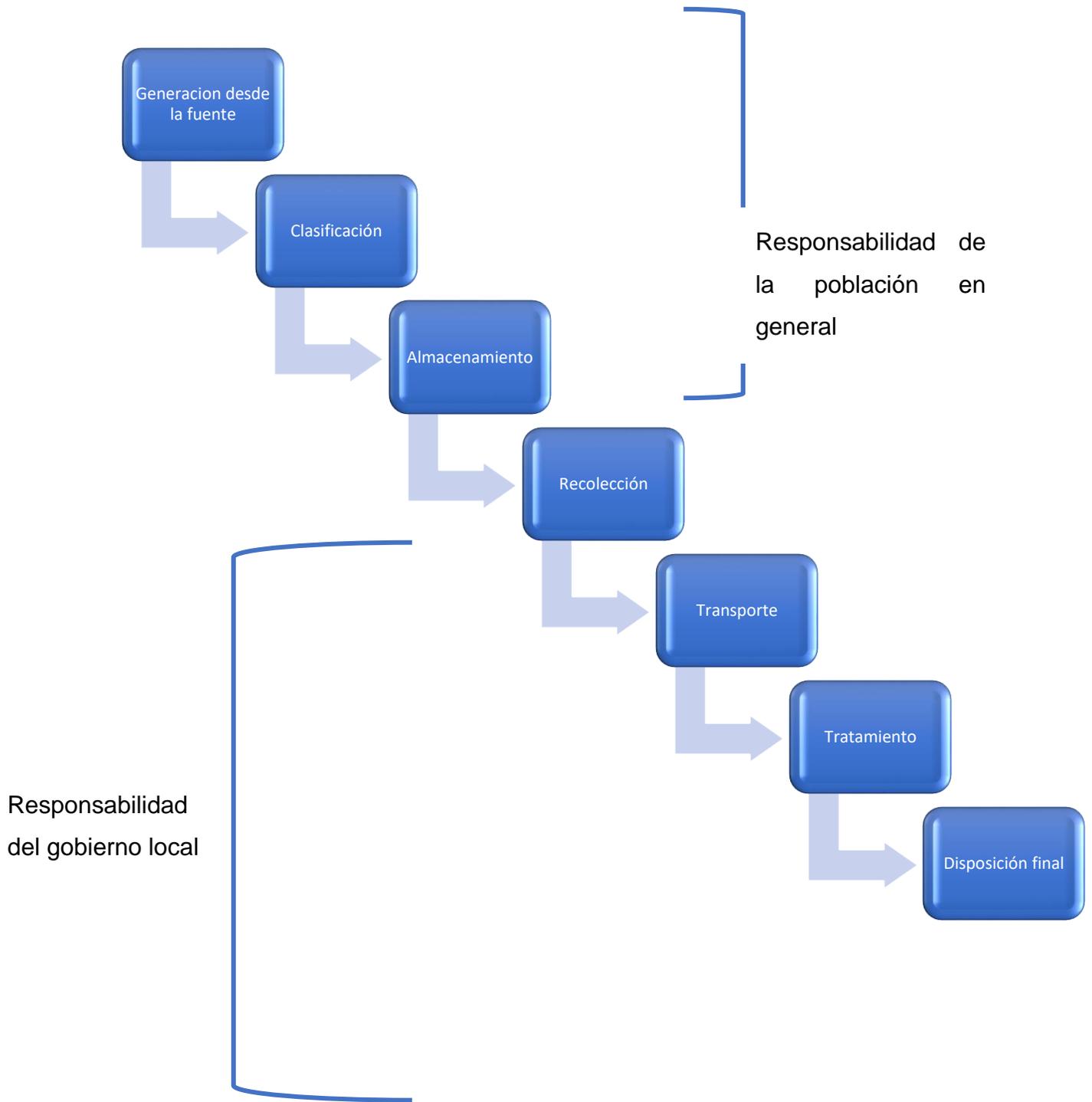


Figura 15. Etapas del manejo de los residuos y desechos sólidos.

a. Principios rectores del plan de gestión integral del manejo de residuos sólidos

En su guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios la CEPAL (2016) indica que para desarrollar un PIMRDS, este se debe basar en principios rectores, los cuales son internacionalmente utilizados para el manejo de los residuos. Entre ellos se incluyen:

- Principio de jerarquía en la gestión de residuos.
- Principio de gestión integrada.
- Responsabilidad extendida del productor.
- Instrumentos económicos.
- Reducción de los residuos peligrosos.

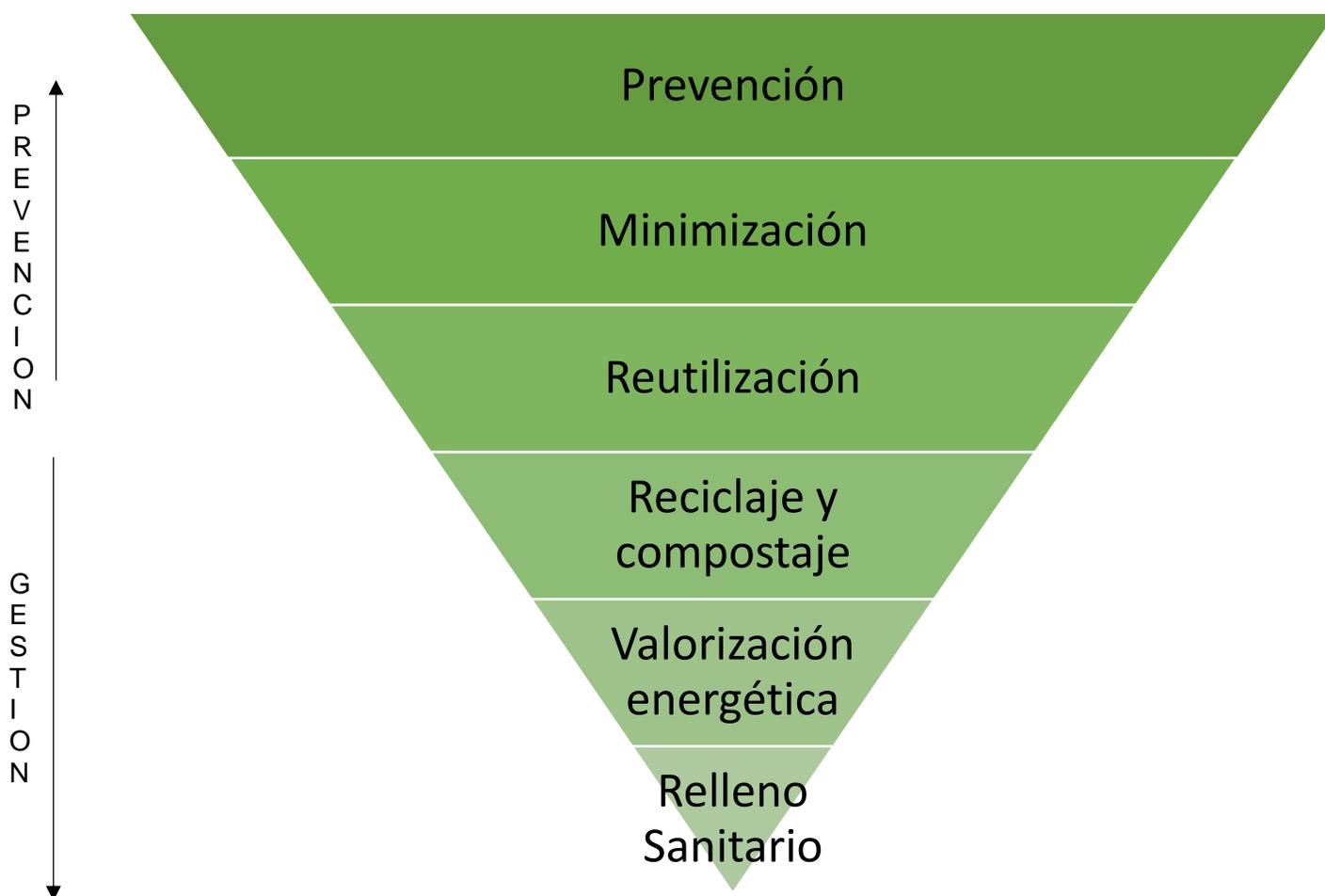
i. Principio de jerarquía en la gestión de residuos

Como se mencionó anteriormente el propósito de la gestión integral es evitar la generación de desechos que lleguen a disposición final. Se debe minimizar entonces la cantidad de desecho por medio de la reducción, la reutilización y el reciclaje. Sin embargo, si esto no es posible, entonces se debe plantear el tratamiento, y si el tratamiento no es factible, se llegaría a la disposición final.

El principio de jerarquía entonces queda estructurado en la forma mostrada en la figura 16. Esta es una pirámide invertida donde lo más deseado es la etapa de prevención de la generación de desechos, la minimización y la reutilización. Esto se lograría por medio de un consumo responsable y luego se va minimizando el deseo hacia la etapa de gestión que abarca el reciclaje y compostaje, la valorización energética de los residuos y desechos hasta llegar a la disposición final en el relleno sanitario.

En el caso de San Rafael Las Flores se debe comenzar con programas de concientización acerca de lo que es el consumo responsable. Es necesario que la población conozca la

situación acerca de los desechos en el municipio y que tome responsabilidad y acciones por sus residuos y desechos generados.



Fuente: CEPAL, 2016.

Figura 16. Jerarquía del plan integral del manejo de residuos y desechos sólidos.

ii. Principio de gestión integrada

Requiere que las tareas e infraestructuras dentro del plan deben ser trabajadas en conjunto y no como acciones individuales. Las actividades deben estar coordinadas dentro de todos los niveles y áreas responsables del manejo de residuos para lograr una gestión que funciona adecuadamente y posibilitar la mejora continua del sistema.

iii. Responsabilidad extendida del productor

Los fabricantes, importadores y distribuidores de productos tienen la responsabilidad sobre los impactos ambientales de su producto. Esto debe realizarse a través de todo el ciclo de vida del mismo, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, impactos del proceso de producción de los mismos, así como los impactos relativos al uso y la disposición de estos (CEPAL, 2016).

Para la aplicabilidad de este principio como se ha dicho anteriormente, es necesario sensibilizar a la población para poder disminuir la cantidad de desechos que se generan por los diferentes tipos de actividades. Sin embargo, para poder obtener mejores resultados también debe crearse una legislación donde se regulen los materiales expendidos por el comercio. Por ejemplo, leyes para regular los plásticos de un solo uso y reemplazarlos por materiales biodegradables certificados. También deben implementarse medidas de regularización del plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos.

iv. Instrumentos económicos

Este principio busca la creación de incentivos que apoyen y promuevan la producción limpia y sostenible, la minimización de los residuos y proyectos innovadores de gestión integral.

Debido a que es necesario un pago por el servicio de extracción de residuos y desechos por vivienda, este no podría omitirse, sin embargo, existen otras opciones.

Al implementar un centro de acopio, se podrían incluir otro tipo de incentivos económicos a personas que al segregar los desechos desde su fuente puedan recopilar una cantidad considerable de materiales reciclables y recibir un cierto tipo de bonificación la cual quedaría a convenir con las autoridades municipales.

v. Reducción de los residuos peligrosos

Este principio busca la reducción a su máximo nivel de residuos peligrosos por medio de una gestión que impida daños al medio ambiente y a la salud pública; sin embargo, dentro de este plan de manejo únicamente serán tratados los residuos y desechos comunes.

b. Objetivos de la línea estratégica 1: creación de un plan integral de manejo de residuos y desechos sólidos

- Proponer un conjunto de medidas de prevención, control, corrección, compensación y mitigación de los efectos que tienen los RDS sobre el ambiente del municipio de San Rafael Las Flores.
- Dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente que delega la recolección, tratamiento y disposición final de los RDS a los gobiernos centrales de cada municipio.
- Minimizar la cantidad de desechos que llegan a disposición final al vertedero.

c. Actividades

Las actividades a realizar dentro del PMIRDS se muestran en el cuadro 30.

Cuadro 30. Actividades del plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos.

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
Prevención	Generación	La generación per cápita diaria de RDS en el municipio de San Rafael Las Flores es de 0.58 kg por persona para el estrato domiciliario y de 3.44 kg por comercio en el estrato comercial.	Implementar capacitaciones y talleres de sensibilización acerca de la importancia de un consumo responsable donde se genere la menor cantidad posible de RDS.	Reducir la PPC por habitante a un índice menor de 0.49 kg/hab/día.	Capacitaciones mensuales por 1 año	Municipalidad de San Rafael Las Flores
			Reducción del consumo de productos nocivos para el medio ambiente.		3 años	Habitantes del municipio
			Minimizar los productos de un solo uso.			
			Reutilizar productos hasta que su vida útil acabe o utilizarlo para algo diferente.			
			Comprar solo lo que se va a utilizar.			
			Reparar productos que se han averiado en vez de desecharlos.			
			Emitir un marco legal para la eliminación de plásticos de un solo uso.		3 años	Municipalidad de San Rafael Las Flores

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
Gestión	Clasificación o segregación desde la fuente	Estrato domiciliario: Se genera un 47 % de desechos orgánicos, 8 % de desechos sanitarios y un 45 % de residuos inorgánicos.	Implementar capacitaciones y talleres a la población en general sobre cómo clasificar los desechos de manera primaria la cual consiste en separar los desechos orgánicos, inorgánicos y sanitarios con desechos no reciclables (baterías, medicinas vencidas, pinturas) en recipientes separados para evitar la contaminación de materiales susceptibles a una post valorización.	Clasificación de un 100 % de desechos por su composición.	2 años	Municipalidad de San Rafael Las Flores habitantes del municipio
		Estrato comercial: Se genera un 6 % de desechos orgánicos; 6 % de desechos sanitarios y 88 % de residuos inorgánicos.	Realizar trabajos de extensionismo que involucren la difusión del mensaje por folletos, redes sociales rótulos, etc. Creación de centros de acopio donde los habitantes puedan llevar sus desechos ya clasificados. Colocación de dos tipos de basureros (desechos orgánicos e inorgánicos en puntos clave del municipio).			
Gestión	Almacenamiento	Estrato domiciliario: El 47 % de los desechos se almacenan en bolsas plásticas, 41 % en costales, 8 % en cajas de cartón y 4 % no específica. Estrato comercial: 55 %	Concientización acerca de los recipientes adecuados que eviten la proliferación de vectores y faciliten la manipulación por el tren de aseo. Domicilios y sectores comerciales del área: se calculará el tamaño del recipiente más adecuado.	Lograr que un 100 % de la población utilice este sistema de almacenamiento. Sustituir el 100 % de los basureros actuales por nuevos con la capacidad adecuada y los	3 años	Municipalidad de San Rafael Las Flores habitantes del municipio

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
		se deposita en bolsas plásticas 26 % en costales y 19 % en cajas de cartón.	<p>El sistema de almacenamiento de los residuos sólidos en las fuentes generadoras depende de varios parámetros: la cantidad de basura generada, la densidad de la basura, la frecuencia de recolección, el sistema de recolección utilizado.</p> <p>Lo más recomendado según la información recabada durante el muestreo es el uso de botes de basura de plástico con tapadera y adentro bolsas plásticas. Bolsa plástica color negro para lo inorgánico, blanca para lo sanitario y verde para lo orgánico.</p> <p>Con respecto a los basureros públicos, deben colocarse dos basureros uno para material orgánico y el otro para el inorgánico identificados por color: verde para orgánico y negro para inorgánico.</p>	requerimientos ya descritos.		
Gestión	Recolección y transporte	<p>El sistema de tren de aseo cubre el 4 % de la población.</p> <p>Estrato domiciliario: 495 kg/m³</p> <p>Estrato comercial: 397 kg/m³</p>	Financiamiento	<p>Todos los habitantes del municipio pagan el servicio del tren de aseo.</p> <p>Asignación de un presupuesto fijo para este rubro.</p> <p>Obtención de ingresos por valorización de residuos.</p>	5 años	<p>Habitantes del municipio</p> <p>Municipalidad de San Rafael Las Flores</p>

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
			Rutas de recolección: las entidades prestadoras del servicio deben establecer las macro rutas y micro rutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo con las normas de tránsito y las características físicas del municipio.	Cobertura del 100 % del servicio del tren de aseo.	1 año	
			Recolección selectiva: los habitantes del municipio separan los residuos inorgánicos de los residuos orgánicos y sanitarios luego el servicio de recolección realiza la colecta en días alternados; un día para residuos inorgánicos y otro día para desechos orgánicos y sanitarios.	Los habitantes forman parte del plan y el 100 % clasifica sus residuos.	3 años	
			Recolección puerta a puerta: se recomienda este método que a pesar que es costoso, es el más eficiente para la recaudación de todos los desechos, así como el más requerido por la población.	Cobertura del 100 % del servicio del tren de aseo.	1 año	
			Brindar bolsas de recolección: Para garantizar el cumplimiento de la clasificación de desechos, después de la recolección, el tren de aseo brindaría una bolsa negra, una verde y una blanca dependiendo el día de recolección. El costo de estas bolsas sería incluido en el costo del servicio de extracción.	Todos los residuos y desechos están clasificados de manera correcta	3 años	

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
			Frecuencia de recolección: debe considerarse que al ser en su mayoría desechos orgánicos, estos tienen un periodo de degradación muy corto produciendo malos olores y lixiviados. Por eso debe realizarse en un periodo menor al ciclo reproductivo de la mosca. También se deben de tomar en cuenta otras variables como el clima, la PPC, los costos etc.	3 veces por semana. Un día para residuos inorgánicos y 2 días para desechos orgánicos y sanitarios.	2 años	
			Número de viajes por día: Se debe procurar la menor cantidad de viajes para disminuir los costos de operación. Este depende del tiempo de la recolección y la capacidad de los vehículos.			
			Capacidad útil del vehículo: Depende del volumen de la caja y la densidad de los RDS.			
			Miembros de la cuadrilla: Se debe fijar el número de empleados por equipos y se limitará el sector del cual son responsables. Por el tipo de recolección que es de casa a casa lo más recomendable es tener cuadrillas de 3 o 4 personas. Un chofer más 2 o 3 recolectores para abarcar más vivienda y depurar el tiempo de recolección.	Aumentar a 3 personas por camión recolector	2 años	
			Tiempo estimado de recolección: Para este cálculo se debe tomar en cuenta los siguientes factores: a) Tipo de receptáculo, b) Ubicación del receptáculo, c) Número de recolectores, d) Tipo de zona o sector, e) Calidad de las vías de circulación, f) Tránsito de vehículos, g) Hora en que se realiza la recolección, h) Climático,	Crear rutas de recolección que minimicen el tiempo de recolección	1 año	

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
			Horario de recolección: Puede ser en horario diurno o nocturno, pero debe evaluarse cuando debe menor impacto sobre la población.			
Gestión	Tratamiento	Actualmente no se le da ningún tipo de tratamiento a los RDS que llegan al vertedero, y todos pasan a disposición final	Reciclaje: A pesar de que el municipio genera una gran cantidad de residuos que pueden reciclarse, se deben de tomar en cuenta los siguientes aspectos: Las empresas recicladoras más cercanas se encuentran en la ciudad capital. Se puede convenir la recolección de los materiales por dichas empresas cuando se recaude un gran volumen de estos. Para su comercialización, los residuos deben tener gestión especializada y cuidadosa de recuperación, limpieza y transporte del material separado. Contratación de personal encargado de esta gestión. Construcción de centros de acopio. Construcción de la planta de tratamiento para una gestión más eficiente. Campañas de concientización acerca de materiales reciclables y su correcta disposición.	Reciclar entre el 75 % y el 95 % de los residuos generados en el municipio Comercializar el abono para generar ingresos que hagan el plan de manejo de RDS un proyecto sostenible.	5 años	Municipalidad de San Rafael Las Flores empresa recicladora
		Estrato domiciliario: Aproximadamente el 40 % de los residuos son reciclables y un 47 % son compostables. Estrato comercial: Aproximadamente el 79 % de los residuos son reciclables y el 6 % es compostable	Compostaje: El lombricompost es un proceso sencillo de fermentación y transformación de los desechos orgánicos por medio de lombrices donde el producto es un humus con altos nutrientes para el suelo. Para su elaboración será necesario personal capacitado, así como un lugar especialmente designado para el compostaje y herramientas. Este abono puede ser comercializado dentro del municipio con las diferentes fincas productoras de café, así como a pequeños propietarios.	Compostar el 100 % de los residuos orgánicos Comercializar el abono para generar ingresos que hagan el plan de manejo de RDS un proyecto sostenible.	5 años	Municipalidad de San Rafael Las Flores

Continuación cuadro 30.

Fase	Etapa	Situación actual	Acciones de mejora	Metas	Tiempo de ejecución	Responsable
Gestión	Disposición Final	El municipio no cuenta con un vertedero que cumpla con las normativas ambientales necesarias para que este sea seguro e inocuo. Diariamente se producen en el municipio 7.33 T de residuos y desechos sólidos.	Construcción de un vertedero manual. Contratación de personal que realice labores de segregación, limpieza, y compactación. Posteriormente la construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos.	Construcción de un vertedero con las condiciones necesarias para disminuir el impacto al medio ambiente y seguro para la salud humana. Construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos.	5 años	Municipalidad de San Rafael Las Flores

d. Consideraciones del plan de gestión para el manejo integral de residuos y desechos sólidos

i. Segregación

La segregación es el punto fundamental de todo el plan de gestión es por eso que es fundamental realizar las campañas de sensibilización al respecto. La participación ciudadana es un factor esencial dentro del plan y de ello depende que este sea eficaz.

ii. Almacenamiento

Para el almacenamiento adecuado de los residuos y desechos sólidos existen normativas para la elección del mejor recipiente. Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras (2000), estas son las características que deberían de tener los contenedores:

- Basureros domésticos

- Peso y construcción que faciliten el manejo durante la recolección.
- Fabricados en material impermeable, de fácil limpieza, con protección contra el moho y la corrosión, como plástico, caucho o metal.
- Dotados de tapa con buen ajuste, que no dificulte el proceso de vaciado durante la recolección.
- Diseñados de modo que, estando cerrados o tapados, no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o por el fondo.
- Con bordes redondeados y de mayor área en la parte superior, de modo que se facilite el vaciado.
- Capacidad de acuerdo con lo que establezca la entidad que presta el servicio de aseo. Las canecas domésticas deben lavarse por el usuario con una frecuencia tal que sean presentados en condiciones sanitarias adecuadas.

- **Recipientes desechables**

Los recipientes desechables utilizados para almacenamiento de residuos sólidos en el servicio ordinario pueden ser bolsas de material plástico o de características similares, y deben reunir por lo menos las siguientes condiciones:

- Su resistencia debe soportar la tensión ejercida por los residuos sólidos contenidos y por su manipulación.
- Su capacidad debe estar de acuerdo con lo que establezca la entidad que presta el servicio de aseo.
- Cuando se utilicen bolsas de material plástico o de características similares como recipientes desechables, el usuario deberá presentarlas cerradas con nudo o sistema de amarre fijo.

- **Basureros públicos**

Los basureros públicos deben ser diseñados y ubicados según los siguientes requisitos:

- La altura de la boca debe estar entre 0.75 m y 1.10 m del suelo (altura de la mano para facilitar su uso).
- El ancho de la boca debe ser como mínimo de 0.35 m para evitar la caída de los papeles al disponerlos.
- Para que los papeles no vuelen con el viento es preferible que los basureros sean bastante profundos y no colocar tapas ya que el público se resiste a empujar una tapa que se supone estará sucia.
- Deben tener algunas perforaciones en el fondo para evitar que se llenen de agua cuando llueva.
- Deben ser fáciles de vaciar, por lo que conviene que puedan voltearse girando sobre su propio eje horizontal.
- Deben estar sólidamente sujetos para evitar que sean robados. Los soportes tienen que ser resistentes para que los golpes ocasionales no los doblen.

- El color debe ser llamativo para atraer la vista, pero sin alterar la estética del sector.
- Deben ser ubicados en esquinas y áreas de mayor concentración y movimiento de personas, tomando en cuenta que no obstruyan el paso de peatones y que estos no se desplacen en demasía para depositar el residuo en la caneca.
- Los recipientes sujetos en postes o empotrados en la pared, estarán a una altura de 0.70 m a 1.0 m, dependiendo si estos se encuentran en una zona escolar, comercial o de esparcimiento público.
- El material de los recipientes debe ser duradero, consistente y liviano.
- El municipio debe realizar el mantenimiento permanente de estas canecas públicas (puede ser a través de terceros).

iii. Recolección y tratamiento

La recolección es el componente principal del coste total del servicio de recogida y eliminación de los RSU. Entre 60 % a 80 % de los costos es para pagar este servicio. La recolección selectiva está ligada a los procesos de valorización de los residuos u desechos sólidos. Es por eso que requiere de dos factores esenciales:

- La segregación desde la fuente por medio de la participación ciudadana. En este caso se desea implementar una segregación primaria, la cual consiste en separar los residuos en tres componentes: orgánico, inorgánico y sanitario.
- Recolección por separado de los residuos y desechos. Esto puede llevarse a cabo en días diferentes para evitar la mezcla de los residuos reciclables.

Al hacer esto puede que los costos sean aun mayores y los tiempos de recolección aumenten. Es por eso que las rutas deben estar diseñadas eficientemente. Como se indicó anteriormente la mejor manera de hacerlo es la división de macro y micro rutas.

iv. Diseño de macro rutas

Para el diseño de las macro rutas, Figueroa (2008) recomienda seguir la siguiente metodología:

- Definir la zona a servir, teniendo en cuenta los planes de desarrollo de cada municipio. Deben definirse también las redes de servicio público existentes.
- Incluir en el plano las toneladas diarias de residuos sólidos para cada vivienda o contenedor, de acuerdo con el sistema de recolección previamente escogido.
- Subdividir el área en zonas que tengan el mismo uso, por ejemplo: residencial, comercial, industrial, etc.
- Asignar a cada subárea una o más micro rutas.

v. Diseño de micro rutas

De igual forma Figueroa (2008) plantea una metodología para el diseño de micro rutas:

- El diseño de la micro ruta debe comenzar en el punto más cercano al garaje del vehículo y terminar en el punto más cercano al sitio de disposición final de estos.
- Los residuos localizados en zonas de congestión vial se deben recoger a una hora del día tal que no haya congestiones de tráfico que retrasen el recorrido.
- El diseño de la micro ruta debe minimizar los giros en “U” y los giros a la izquierda.
- La micro ruta debe promover que el recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj.
- La micro ruta debe ser continua, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras rutas.
- Las micro rutas correspondientes a una misma zona de servicio deben en lo posible recolectar un mismo número de cargas diarias lo que le da flexibilidad al servicio.
- Las vías cerradas deben ser recolectadas así: desplazamiento en reversa y recolección en marcha adelante.

- En lo posible las micro rutas deben diseñarse para que empiecen y terminen cerca de calles de tráfico alto, utilizando las barreras topográficas y físicas como bordes de la macro ruta.
- En zonas de cerros, la recolección debe empezar en la parte más alta y continuar cuesta abajo mientras se cargan los vehículos.
- En calles empinadas, la recolección empezará en la parte más alta y, si se deben recoger ambas aceras, el conductor viajará cuesta abajo mientras el personal recolector carga el camión.
- En caso de recolección en ambas aceras deben preferirse rutas derechas, con pocos giros.
- El conductor o jefe de cuadrilla debe contar con una carta de recorrido o micro ruta preestablecida al momento de iniciar los servicios. Esta debe ser susceptible de adaptarse a medida que la cuadrilla descubra mejores formas de realizar el servicio (reducción de tiempo y consumo de combustible).
- Deben minimizarse los tiempos muertos y recorridos improductivos.
- Tránsito real y futuro.
- Censo de grandes generadores de basura.
- Usos del suelo.
- Alturas permisibles en puentes.
- Cuando el sistema de transporte se encuentre en operación, la ruta diseñada debe ser rectificadas en conjunto con el conductor del vehículo de recolección.

vi. Tratamiento

El tratamiento de estos componentes está dispuesto al origen y composición de estos y es por eso que el paso de la segregación es esencial para reincorporar los residuos de nuevo al ciclo productivo.

vii. Reciclaje

Este proceso puede ayudar a la conservación de recursos y reincorporar objetos valorizables al ciclo de producción evitando que lleguen a disposición final. Sin embargo este debe ser un paso del MIDS y no específicamente un fin, ya que durante el proceso del reciclaje también son consumidos recursos y también se producen desechos que van a disposición final, ya que no todos los materiales pueden pasar por este proceso.

Los beneficios obtenidos del reciclaje tienden a ser mayores cuando estos materiales son materiales valorizables limpios y en grandes cantidades. Es por eso que se necesita de un equipo dentro de una planta de tratamiento que se encargue de las labores de limpieza, compactación y almacenaje de estos materiales reciclables.

viii. Compostaje

Al igual que el compost, el vermicompost o lombricompost mejora la estructura de suelo, aumenta la retención de agua, aporta microorganismos benéficos, además de enzimas y otros metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica

B. Línea estratégica 2: programas de sensibilización**a. Objetivos de línea estratégica 2: programas de sensibilización**

- Crear conciencia ambiental en la población acerca de los efectos nocivos para el medio ambiente y la salud que tiene la contaminación producida por los residuos y desechos sólidos.
- Incentivar a la población a la participación activa dentro del plan en la resolución de los problemas que enfrentan a causa del mal manejo de los residuos y desechos sólidos (RDS).

- Estimular la participación activa de la población en la etapa de prevención y gestión del plan de manejo de RDS.

b. Actividades de los programas de sensibilización

- Organizar reuniones con los diferentes actores sociales del municipio como el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), dueños de establecimientos comerciales, autoridades escolares, etc. para el planteamiento de la problemática.
- Conformar un comité coordinador con un miembro de cada uno de los sectores sociales para una comunicación más efectiva hacia toda la población acerca de los avances del plan.
- Con los mismos actores sociales plantear objetivos viables que respeten los intereses de todos los sectores involucrados.
- Programar talleres informativos a sectores específicos de la comunidad acerca de las buenas prácticas en el manejo de los RDS.
- Realizar trabajos de extensión por diferentes vías de comunicación como la distribución de folletos, anuncios en radios comunitarias y televisión local.
- Preparación de capacitaciones en centros educativos que fuesen de carácter obligatorio al menos una vez a la semana acerca de las buenas prácticas.
- Poner gran énfasis en la temática de segregación de los residuos en orgánicos e inorgánicos por medio de programas de incentivos.

c. Responsables de las actividades de sensibilización

Los actores responsables de las actividades de sensibilización son:

- Municipalidad de San Rafael Las Flores.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

- ONGs.
- Escuelas e institutos de educación privada.

d. Elementos a considerar en las actividades de sensibilización

Según la guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios de la CEPAL (2016), se deben tomar en cuenta algunos lineamientos generales para desarrollar un programa de participación y educación del público. Estos deben de considerar los contenidos a presentar, los canales por los cuales se puede difundir, los distintos grupos con los cuales trabajar y los aspectos financieros. Los lineamientos se presentan a continuación:

- Presentación de los principales resultados del estudio.
- Comunicar el significado del plan de gestión integral para el manejo de residuos sólidos, proveyendo una visión general de los principales temas de la gestión de residuos sólidos.
- Clasificación de los grupos objetivos de la población para la planificación de las vías de comunicación.
- Cronograma de trabajo que coordine los esfuerzos de educación del público con la implementación del programa y considere actividades y eventos estacionales tales como una campaña, recolección de fondos, entre otros.
- Costo y financiamiento de los programas de sensibilización, participación y educación al público.

e. Cronograma de actividades de sensibilización

Para poder organizar las actividades de sensibilización se creó el cronograma que puede observarse en el cuadro 31.

Actividad	Tiempo en meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Organizar reuniones con los diferentes actores sociales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Conformar un comité coordinador			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Plantear objetivos				■	■							
Talleres informativos a sectores específicos a cerca de buenas prácticas				■	■	■	■	■	■	■	■	
Realizar trabajos de extensión				■	■	■	■	■	■	■	■	■
Capacitaciones en centros educativos					■	■	■	■	■	■	■	■

Cuadro 31. Cronograma de actividades de sensibilización.

C. Línea de estrategia 3: construcción de un relleno sanitario y una planta de tratamiento

El municipio de San Rafael Las Flores aún no cuenta con un sistema de disposición final efectivo y con normalizaciones ambientales, causando efectos nocivos a los recursos naturales, así como la proliferación de vectores. Es por eso que la construcción de un relleno sanitario es el primer paso no solo para la conservación del medio ambiente, si no para cumplir con las competencias asignadas a la municipalidad por normativas legales.

a. Objetivos de la línea de estrategia 3: construcción de un relleno sanitario y una planta de tratamiento

- Cumplir con la normativa legal tanto en el código municipal como en el código de salud, los cuales delegan la disposición final de los RDS a las municipalidades.

- Contar con una infraestructura adecuada para la disposición final de los desechos sólidos donde estos sean compactados para la reducción de su volumen.
- Aplicar técnicas de preservación y valorización de los residuos por medio de la construcción de una planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos.

b. Actividades para la construcción de un relleno sanitario y una planta de tratamiento

- Para la construcción de un relleno sanitario se deben realizar varios estudios, ya que, al ser el sitio de disposición final, es allí donde los residuos y desechos van a degradarse, creando con ellos lixiviados y la emisión de gases, así como la atracción de vectores.
- Se debe verificar si el lugar donde actualmente se encuentra el vertedero es apto para la ubicación de la infraestructura.
- Los estudios que deben realizarse para medir el impacto que tiene la ubicación del vertedero son los siguientes: distancia a núcleos habitados, aguas subterráneas, aguas superficiales, clima: pluviosidad, temperaturas, vientos, evaporación, evapotranspiración, suelos, tipos, usos.
- También según la CEPAL (2016) se deben tomar en cuenta factores económicos, técnicos y constructivos como: distancia de transporte a los núcleos de recogida de los residuos sólidos, volumen útil o capacidad del vertido sistema de accesos del posible emplazamiento, disponibilidad de material de cobertura y sellado, existencia de infraestructuras, agua, electricidad, teléfono, morfología, características geotécnicas del sustrato, presencia o ausencia de recursos minerales y rocas industriales.
- Se debe realizar un estudio de pre factibilidad.
- Se deben realizar cálculos con base a la PPC y a la densidad de los RDS para que la vida útil del relleno sanitario sea de al menos 20 años.

c. Elementos a considerar para la construcción

La construcción y la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Las formas más sencillas y económicas para la construcción de un relleno sanitario son el método de trinchera o zanja; el método de área y el método de rampa.

Debe realizarse el estudio de prefactibilidad.

D. Línea de estrategia 4: fortalecimiento legal y administrativo

A pesar de que ya existe una normativa a nivel nacional para el MIRDS (Acuerdo gubernativo 281-2015 Política Nacional Integral de los Residuos y los Desechos Sólidos) (2015), esta plantea a grandes rasgos los elementos que debe contener un plan.

Un PMIRDS debe ser específico para cada municipio o área ya que está en función de variables como:

- Condiciones meteorológicas.
- Actividades económicas.
- Tamaño de la población.
- Topografía.
- Actividades festivas etc.

Es por eso que el municipio también requiere una normativa específica para el MIRDS acorde a sus características y necesidades para fortalecer así sus procesos administrativos y de ejecución. Se debe fomentar el fortalecimiento legal y administrativo del gobierno local.

a. Objetivo de la línea de estrategia 4: fortalecimiento legal y administrativo

Creación de un instrumento legal donde se priorice el MIRDS dentro del municipio, y se especifiquen los procesos administrativos, entes responsables, así como la asignación de un presupuesto fijo y eficiente para estos procesos.

b. Actividades del fortalecimiento legal y administrativo

Las actividades que deben llevarse a cabo para el fortalecimiento local y administrativo de la municipalidad son:

- Creación de un marco jurídico y normativo específico para el municipio que permita la gestión integral de los residuos y desecho sólidos de una forma eficaz, eficiente y sostenible.
- Delegación de responsabilidades a actores específicos dentro del gobierno municipal.
- Asignar de un presupuesto permanente que cubra de manera total todos los gastos en los incurre el PIMRDS.
- Creación de una instancia coordinadora con funciones y atribuciones definidas responsable de regular las actividades dentro del PIMRDS.
- Establecer planes de monitoreo y control que den seguimiento a la normativa dentro del plan.
- Establecer un costo tarifario por el servicio prestado, el cual debe registrarse legalmente, reflejando los costos reales del servicio. Para la aceptación del mismo es importante como en todo el proceso el acompañamiento de la comunidad y asegurarse del conocimiento de los beneficios que ello acarrea para el pueblo (Zamora, 2013).
- Coordinar programas de formación académica, técnica y profesional dentro del municipio orientados a buenas prácticas dentro del PGIMRDS.
- Definir mecanismos de participación e involucramiento social dentro de la planeación y ejecución del PGIMRDS.
- Propiciar alianzas público-privadas para un manejo más integral de los RDS.

c. Responsables del fortalecimiento legal y administrativo

Los actores responsables de llevar a cabo el fortalecimiento legal y administrativo de la municipalidad son:

- Municipalidad de San Rafael Las Flores.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

d. Elementos a considerar en la formulación de un marco legal de carácter público

Dicho instrumento debe contar con ciertas características y fases para que sea considerado un instrumento de calidad. Según SEGEPLAN (2015), las características que debe tener son:

- Orientación hacia el interés público: en qué medida las políticas se orientan hacia el interés público, es decir hacia la generación de valor público. Es decir, como aquello que es objeto de abordaje de la Política responde a las necesidades, demandas e intereses de los ciudadanos y ciudadanas y en qué medida se atienden sus inquietudes e interés colectivos.
- Coherencia y coordinación: en qué medida son compatibles con políticas afines y en qué medida son el resultado de acciones bien coordinadas entre actores que participan en su formulación e implementación.
- Eficiencia: en qué medida las políticas reflejan una asignación de recursos escasos que asegura elevados retornos sociales.
- Adaptabilidad: cuán ajustables pueden ser las políticas cuando fallan o cambian las circunstancias.
- Estabilidad: cuán estables son en el tiempo.

- Calidad de la implementación y de la efectiva aplicación: qué tan eficaces han sido los órganos implementadores en conseguir resultados y cambios estratégicos como consecuencia de la implementación de la política.

Las fases a seguir para la formulación de este instrumento legal se muestran en el cuadro 32 el cual fue elaborado con datos de SEGEPLAN (2015).

Cuadro 32. Fases para la formulación de políticas públicas.

Fase	Nombre	Acciones
I	Identificación del problema	Delimitar el alcance y magnitud que tiene el tema/problema y a través de ello y las relaciones que se puedan establecer con él, fundamentar la razón del porqué el tema/problema debe abordarse a través de la formulación de una política pública.
II	Identificación y formulación de soluciones	Se identifican y formulan posibles vías de solución y se plantean propuestas y se analiza la viabilidad de cada una de ellas.
III	Toma de decisión	Formulación de una política pública, con ciertos objetivos, resultados, lineamientos estratégicos o de acción y una serie de intervenciones/estrategias/programas a través de los cuales se implementará.
IV	Implementación	Operativización del contenido de la política pública que se implementa a través de los planes operativos o planes de desarrollo municipal.

Fase	Nombre	Acciones
V	Evaluación	Se evalúa su diseño, implementación y sus resultados e impactos.

e. Tiempo estimado de ejecución

El tiempo estimado de la ejecución del proyecto es de un año.

5.3 Estudio de pre factibilidad del plan integral de manejo de residuos y desechos sólidos comunes del municipio de San Rafael Las Flores

El estudio de prefactibilidad del plan integral de manejo de residuos y desechos sólidos está conformado por:

- Estudio de mercado.
- Estudio técnico.
- Estudio administrativo legal.
- Estudio ambiental.
- Estudio financiero.

5.3.1 Estudio de mercado

En este estudio se presentan y analizan los datos relevantes para la situación que afronta la actual administración municipal. También se definen los productos, oferta, demanda, precio y comercialización en la gestión de desechos sólidos del municipio.

A. Definición del servicio

Dentro del plan integral para el manejo de los desechos sólidos se llevará a cabo desde una sensibilización masiva a toda la población del municipio. Esta llegará hasta la disposición final de la mínima cantidad de desechos que no puedan reutilizarse.

La municipalidad estará a cargo de todos estos servicios, por lo cual se implementará una cuota por estos a los vecinos. Esto debido a que el presupuesto municipal asignado a este rubro no es suficiente para cubrir todo el manejo de los residuos y desechos.

a. Servicios y subproductos

Los servicios que serán prestados por la municipalidad son:

- Sensibilización a la población.
- Extracción de residuos y desechos sólidos de vivienda en vivienda.
- Tratamiento de los residuos y desechos sólidos.
- Comercialización de los residuos y productos.
- Disposición final de los desechos.

La sensibilización, al ser el paso clave para un correcto manejo de residuos y desechos sólidos, se realizará a todos los sectores de la población. Estos sectores incluyen escuelas, institutos privados, comerciantes, mercado etc. así como los COCODES, COMUDES y los líderes comunitarios de las aldeas.

La extracción de los residuos y desechos sólidos se realizará de forma alterna a la composición de los desechos. Esto quiere decir que un día se recogerán los residuos inorgánicos y los desechos no revalorizables y otro día los desechos orgánicos y de vivienda en vivienda. Se utilizarán los camiones de la municipalidad para dicho trabajo,

así como trabajadores de esta entidad. Serán brindadas bolsas por color a las viviendas para la segregación de los desechos de forma semanal.

El tratamiento de los residuos después de la segregación desde la fuente consistirá en una segregación secundaria y la limpieza de los residuos si fuese necesario. Posteriormente al tratamiento, los residuos tendrán una valorización para su comercialización con empresas recicladoras o agricultores que deseen adquirir abono.

La disposición final será realizada en un relleno sanitario con las prácticas ambientales ideales para mitigar todos los posibles daños ambientales. Únicamente los desechos que no puedan ser recuperados serán llevados a dicho relleno.

b. Área de mercado

La extensión del mercado se considera como la totalidad del municipio de San Rafael Las Flores, incluyendo sus aldeas. Los demandantes son todas las viviendas, así como áreas comerciales e instituciones que generen residuos y desechos sólidos comunes.

c. Población consumidora del servicio

La población de San Rafael Las Flores, como se había mencionado anteriormente es de 12,641 personas en 28 centros poblados y según el índice de hacinamiento de 5 personas por hogar, se cuenta con 2,528 viviendas (INE,2018). La tasa de crecimiento poblacional urbano del municipio es del 3.40 % (INE,2018).

La municipalidad estima la existencia de 284 comercios, 50 iglesias y 27 centros educativos. Las principales actividades que realizan los habitantes son agrícolas y de comercios locales pequeños.

B. Análisis de la demanda**a. Determinación de la población y tamaño de la muestra para el análisis de la demanda**

Como se puede observar a continuación, fue necesario realizar 373 encuestas a la población total de 12,641 habitantes, para obtener un nivel de confianza del 95 %.

$$n = \frac{(12,641)(1.96)^2(0.5)(0.5)}{(12,641)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5)} = 372.83$$

b. Análisis de la demanda

El servicio de recolección y disposición final de los residuos y desechos sólidos ha sido evaluado a través de una investigación de mercado para determinar las preferencias y opiniones de la muestra de la población. Por medio de una encuesta realizada a los habitantes de manera aleatoria. Fueron tomadas como base 373 personas encuestadas. Estas personas fueron seleccionadas al azar y se visitaron las diferentes comunidades para tener una encuesta más certera del municipio. Fueron encuestadas personas que se encontraban transitando en las calles de todo el municipio. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

i. Habitantes por vivienda

El cuadro 33 muestra que la mayoría de viviendas tiene un total de 5 habitantes, seguido por 3 personas por vivienda y 4 personas por vivienda.

Cuadro 33. Habitantes por vivienda.

Número de personas por vivienda	Cantidad de encuestados	Porcentaje (%)
1	14	3.80
2	24	6.40
3	47	12.60
4	45	12
5	67	18
6	42	11.30
7	40	10.70
8	24	6.40
9	17	4.60
10	17	4.60
11	14	3.80
12	0	0
13	11	2.90
14	0	0
15	11	2.90

ii. Tipo de recipiente para los residuos y desechos sólidos

El cuadro 34 muestra que el 42.40 % de habitantes del municipio quema sus desechos y no procede a almacenarlos, seguido por un 39.10 % que almacena sus desechos en bolsas.

Cuadro 34. Tipo de recipiente para los residuos y desechos sólidos.

Tipo de depósito	Cantidad de encuestados	Porcentaje (%)
Bolsas	146	39.10
Basureros	69	18.50
Quema	158	42.40
Total	373	100

iii. Cobertura del servicio de extracción de residuos y desechos sólidos

Más del 59.80 % de los habitantes del municipio no cuenta con el servicio de extracción como se puede observar en el cuadro 35.

Cuadro 35. Cobertura del servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.

Respuesta	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Sí	150	40.20
No	223	59.80
Total	373	100

iv. Frecuencia de recolección de los residuos y desechos sólidos

Se puede observar en el cuadro 36 que el 54.20 % de los habitantes no cuentan con un tren de aseo que pase por sus viviendas. El 26 % reporta que únicamente pasa una vez a la semana.

Cuadro 36. Frecuencia de recolección de los residuos y desechos sólidos.

Cantidad	Cantidad de encuestados	Porcentaje (%)
Una vez a la semana	97	26.00
Dos veces a la semana	74	19.80
No pasa	202	54.20
Total	373	100

v. Frecuencia de eliminación de residuos y desechos sólidos

El cuadro 37 muestra que el 28.70 % de los habitantes desecha su basura dos veces por semana sin importar el método utilizado. Sin embargo, hay viviendas (27.80 %) que desechan la basura diariamente durante la semana.

Cuadro 37. Frecuencia de eliminación de residuos y desechos sólidos.

Número de veces que la bota	Número de encuestados	Porcentaje (%)
1	104	27.80
2	107	28.70
3	42	11.30
4	24	6.40
5	21	5.60
6	20	5.50
7	55	14.70
Total	373	100

vi. Conocimiento acerca del servicio de extracción de residuos y desechos sólidos

Según el cuadro 38 el 70 % no sabe si existe un servicio de extracción de basura adicional al que provee la municipalidad.

Cuadro 38. Conocimiento acerca del servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.

Respuesta	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Sí	112	30
No	261	70
Total	373	100

vii. Objetos reciclables

El 55 % de los habitantes del municipio no practica ningún tipo de reciclaje según el cuadro 39 y el material más reciclado son las botellas de plástico, como puede observarse en dicho cuadro.

Cuadro 39. Objetos reciclables.

Tipo material	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Botellas de plástico	109	29.20
Papel	56	15.00
No reutiliza	205	55.00
Otros	3	0.80
Total	373	100

viii. Conocimiento de disposición final

El 63.30 % de la población conoce el destino final de la basura, según el cuadro 40.

Cuadro 40. Análisis de mercado.

Respuesta	Número de encuestas	Porcentaje (%)
Sí	236	63.30
No	137	36.70
Total	373	100

ix. Barrido de calles

Según el cuadro 41, el 46.90 % de la población concuerda en que la limpieza de las calles es realizada por la municipalidad o si no es realizada por ellos mismos.

Cuadro 41. Barrido de calles.

Limpieza de calles	Número de encuestados	Porcentajes (%)
Municipalidad	175	46.90
Usted	130	34.90
Otros	30	8.00
No sabe	38	10.20
Total	373	100

x. Opinión del servicio de extracción

El 37.50 % de los habitantes del área concuerda en que el servicio prestado por la municipalidad con respecto a la limpieza pública es bueno y el 24.30 % regular, como se muestra en el cuadro 42.

Cuadro 42. Opinión del servicio de extracción.

Calificación	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Excelente	72	19.50
Bueno	140	37.50
Regular	91	24.30
Malo	41	11
Pésimo	29	7.70
Total	373	100

xi. Problemas en el servicio municipal

Según el cuadro 43, el mayor problema que es percibido por los habitantes acerca del servicio municipal es que el tren de aseo no pasa con regularidad o en lo absoluto con un 47.73 % y el segundo mayor inconveniente es que no lo hace en un horario fijo con un 9.87 %.

Cuadro 43. Problemas en el servicio municipal.

Problema encontrado	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Apariencia no profesional	19	5.07
Falta de cortesía	23	6.13
Mala organización	23	6.13
Ninguno	63	17.07
No pasa el vehículo	178	47.73
No recolectan todo	30	8.00
No tienen horario fijo	37	9.87
Total	373	100

xii. Conocimiento acerca del reciclaje

Según puede observarse en el cuadro 44, la mayor parte de la población (56 %) tiene conocimiento acerca de lo que es el reciclaje.

Cuadro 44. Conocimiento acerca del reciclaje.

Respuesta	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Si	209	56
No	164	44
Total	373	100

xiii. Participación en campañas de reciclaje

El 59 % de la población estaría dispuesta a participar en jornadas de reciclaje sin embargo a pesar de esto todavía una gran parte de la población no lo estaría, lo cual puede observarse en el cuadro 45.

Cuadro 45. Participación en campañas de reciclaje.

Respuesta	Número de encuestados	Porcentaje (%)
Si	220	59
No	153	41
Total	373	100

xiv. Disposición de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos

Más del 70 % de los encuestados han respondido que no estarían dispuestos a realizar un pago por el servicio de recolección de basura. El resto (29.87 %) estarían dispuestos a realizar un pago por la recolección de basura en el municipio como puede observarse en el cuadro 46.

Con base en este último porcentaje de personas que establecieron que estarían dispuestas a realizar un pago por el servicio de recolección de basura.

Cuadro 46. Disposición de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.

Respuesta	Número de entrevistados	Porcentaje (%)
Si	111	29.80
No	262	70.20
Total	373	100

xv. Capacidad de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos

El rango que estaría dispuesta a pagar la población del municipio por el servicio de extracción de basura está entre los Q. 15.00 y los Q. 20.00, como se puede observar en el cuadro 47.

Cuadro 47. Capacidad de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.

Cantidad (Q.)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
5.00	15	13.50
10.00	16	14.40
15.00	24	21.60
20.00	25	22.60
25.00	16	14.40
30.00	15	13.50
Total	111	100

A partir de las personas que en la pregunta 15 acerca de si estarían dispuestas a pagar por el servicio de recolección, indicaron que no estarían dispuestas a pagar por el servicio se les realizó la siguiente pregunta.

xvi. Mejoras al servicio de extracción de residuos y desechos sólidos

A pesar de que el servicio mejorara, el 53 % de las personas mantienen su postura de no estar dispuestos a pagar por el servicio de extracción de basura como se puede observar en el cuadro 48.

Cuadro 48. Mejoras al servicio de extracción de residuos y desechos sólidos.

Respuesta	Número de entrevistados	Porcentaje (%)
Si	124	47
No	138	53
Total	262	100

Las personas que, sí estarían dispuestas a pagar el servicio municipal de extracción de basura, indicaron que estarían dispuestas a pagar las cantidades mostradas en el cuadro 49. El 33.06 % estaría dispuesto a pagar Q.10.00

Cuadro 49. Disposición de pago por servicio de extracción de residuos y desechos sólidos si el servicio mejora.

Cantidad (Q)	Número de encuestados	Porcentaje (%)
3.00	6	4.84
5.00	10	8.06
10.00	41	33.06
15.00	18	14.52
20.00	24	19.35
25.00	5	4.03
30.00	15	12.10
50.00	5	4.03
Total	124	100

La disposición a pagar por el servicio que tiene la mayor cantidad de personas es de Q. 10.00, seguida por los rubros de Q. 20.00 y Q. 15.00.

c. Demanda del mercado actual y potencial

El servicio es actualmente ofrecido por la municipalidad, al contar únicamente con un camión recolector de 2.5 T, que atiende a 120 usuarios 2 veces por semana. La tarifa mensual del servicio es de Q. 30.00 por usuario.

Para poder contrarrestar este problema, la municipalidad ha colocado toneles distribuidos en todo el casco urbano donde las personas tiran toda su basura, sin recibir ningún pago por el servicio.

El municipio cuenta con un vertedero de desechos sólidos en el casco urbano, el cual no cuenta con regulaciones ambientales necesarias y podría considerarse un vertedero a cielo abierto. En cuanto a los otros centros poblados, en estos se encuentran vertederos no controlados, como el caso de Media Cuesta, con riesgo de contaminación a la Laguna de Ayarza.

De momento no genera conflicto, sin embargo, de continuar la situación actual, habrá más vulnerabilidad a basureros clandestinos, contaminación atmosférica, contaminación de acuíferos, plagas, etc.

d. Características de la demanda

El proyecto tiene una visión de poder cumplir con una vida útil de 20 años por lo cual se hizo la proyección de población para conocer la demanda pronosticada durante ese tiempo. Para esto se tomaron los datos de la población municipal al año 2018 presentada por el INE (12,641 habitantes) y la tasa de crecimiento poblacional urbano que para el municipio es de 3.40 % como se mencionó anteriormente y al sector de comercio de 2 %. Los resultados pueden observarse en la figura 17 los cuales indican que para el año 2037, se habrán producido 360 T diarias de desechos.

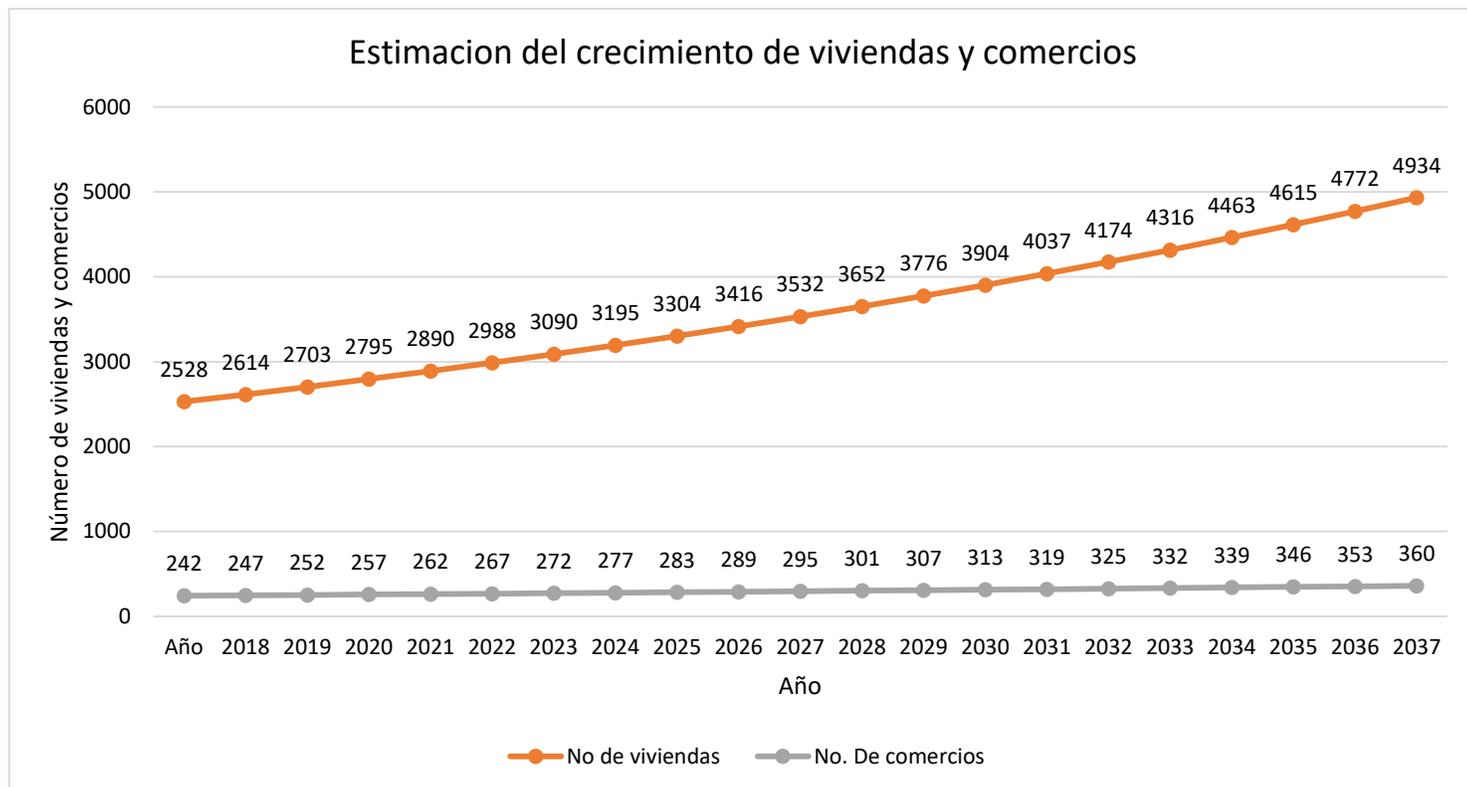


Figura 17. Estimación del crecimiento de viviendas y comercios.

Según la caracterización realizada en este estudio en el municipio se generan anualmente 2,676 T de residuos y desechos en domicilios y 304 T en comercios. Con base en los datos anteriores, se estiman las proyecciones para la producción de los residuos y desechos sólidos para los siguientes veinte años en toneladas métricas con una tasa de crecimiento de 3.90 % por año (tasa de crecimiento anual de desechos sólidos proporcionada por el INE, 2018). El cuadro 50 muestra el crecimiento de los desechos por su composición en cada año del estrato domiciliar.

Cuadro 50. Crecimiento de los residuos y desechos sólidos del estrato domiciliar.

Año	Toneladas métricas anuales	Material orgánico (47 %)	Sanitario (8%)	Otros plásticos (8%)	Vidrio (7%)	Cartón (6%)	Metal (6%)	Papel (5%)	PET (4%)	Aluminio (4%)	Tela (3%)	Bolsas plásticas (2%)	Duroport (1%)
0	2,676	1257.72	214.08	214.08	187.32	160.56	160.56	133.80	107.04	107.04	80.28	53.52	26.76
1	2,780	1306.60	222.40	222.40	194.60	166.80	166.80	139	111.20	111.20	83.40	55.60	27.80
2	2,888	1357.36	231.04	231.04	202.16	173.28	173.28	144.40	115.52	115.52	86.64	57.76	28.88
3	3,000	1410.00	240.00	240.00	210.00	180.00	180.00	150.00	120.00	120.00	90.00	60.00	30.00
4	3,117	1,464.99	249.36	249.36	218.19	187.02	187.02	155.85	124.68	124.68	93.51	62.34	31.17
5	3,239	1,522.33	259.12	259.12	226.73	194.34	194.34	161.95	129.56	129.56	97.17	64.78	32.39
6	3,365	1,581.55	269.20	269.20	235.55	201.90	201.90	168.25	134.60	134.60	100.95	67.30	33.65
7	3,496	1,643.12	279.68	279.68	244.72	209.76	209.76	174.80	139.84	139.84	104.88	69.92	34.96
8	3,632	1,707.04	290.56	290.56	254.24	217.92	217.92	181.60	145.28	145.28	108.96	72.64	36.32
9	3,774	1,773.78	301.92	301.92	264.18	226.44	226.44	188.70	150.96	150.96	113.22	75.48	37.74
10	3,921	1,842.87	313.68	313.68	274.47	235.26	235.26	196.05	156.84	156.84	117.63	78.42	39.21
11	4,074	1,914.78	325.92	325.92	285.18	244.44	244.44	203.70	162.96	162.96	122.22	81.48	40.74
12	4,233	1,989.51	338.64	338.64	296.31	253.98	253.98	211.65	169.32	169.32	126.99	84.66	42.33
13	4,398	2,067.06	351.84	351.84	307.86	263.88	263.88	219.90	175.92	175.92	131.94	87.96	43.98
14	4,570	2,147.90	365.60	365.60	319.90	274.20	274.20	228.50	182.80	182.80	137.10	91.40	45.70
15	4,748	2,231.56	379.84	379.84	332.36	284.88	284.88	237.40	189.92	189.92	142.44	94.96	47.48
16	4,933	2,318.51	394.64	394.64	345.31	295.98	295.98	246.65	197.32	197.32	147.99	98.66	49.33
17	5,125	2,408.75	410.00	410.00	358.75	307.50	307.50	256.25	205.00	205.00	153.75	102.50	51.25
18	5,325	2,502.75	426.00	426.00	372.75	319.50	319.50	266.25	213.00	213.00	159.75	106.50	53.25
19	5,533	2,600.51	442.64	442.64	387.31	331.98	331.98	276.65	221.32	221.32	165.99	110.66	55.33
20	5,749	2,702.03	459.92	459.92	402.43	344.94	344.94	287.45	229.96	229.96	172.47	114.98	57.49

El cuadro 51 muestra el crecimiento de los desechos por su composición en cada año del estrato comercial.

Cuadro 51. Crecimiento de los residuos y desechos sólidos del estrato comercial.

Año	Toneladas métricas anuales	Material orgánico (6 %)	Sanitario (6 %)	Otros plásticos (11 %)	Vidrio (15 %)	Cartón (15 %)	Metal (3 %)	Papel (7 %)	PET (16 %)	Aluminio (12 %)	Tela (1 %)	Bolsas plásticas (5 %)	Duroport (3 %)
0	304	18.24	18.24	33.44	45.60	45.60	9.12	21.28	48.64	37.92	3.04	15.20	9.12
1	316	18.96	18.96	34.76	47.40	47.40	9.48	22.12	50.56	39.36	3.16	15.80	9.48
2	328	19.68	19.68	36.08	49.20	49.20	9.84	22.96	52.48	40.92	3.28	16.40	9.84
3	341	20.46	20.46	37.51	51.15	51.15	10.23	23.87	54.56	42.48	3.41	17.05	10.23
4	354	21.24	21.24	38.94	53.10	53.10	10.62	24.78	56.64	44.16	3.54	17.70	10.62
5	368	22.08	22.08	40.48	55.20	55.20	11.04	25.76	58.88	45.84	3.68	18.40	11.04
6	382	22.92	22.92	42.02	57.30	57.30	11.46	26.74	61.12	47.64	3.82	19.10	11.46
7	397	23.82	23.82	43.67	59.55	59.55	11.91	27.79	63.52	49.56	3.97	19.85	11.91
8	413	24.78	24.78	45.43	61.95	61.95	12.39	28.91	66.08	51.48	4.13	20.65	12.39
9	429	25.74	25.74	47.19	64.35	64.35	12.87	30.03	68.64	53.52	4.29	21.45	12.87
10	446	26.76	26.76	49.06	66.90	66.90	13.38	31.22	71.36	55.56	4.46	22.3	13.38
11	463	27.78	27.78	50.93	69.45	69.45	13.89	32.41	74.08	57.72	4.63	23.15	13.89
12	481	28.86	28.86	52.91	72.15	72.15	14.43	33.67	76.96	60.00	4.81	24.05	14.43
13	500	30.00	30.00	55.00	75.00	75.00	15.00	35.00	80.00	62.40	5.00	25.00	15.00
14	520	31.20	31.20	57.20	78.00	78.00	15.60	36.40	83.20	64.80	5.20	26.00	15.60
15	540	32.40	32.4	59.40	81.00	81.00	16.20	37.80	86.40	67.32	5.40	27.00	16.20
16	561	33.66	33.66	61.71	84.15	84.15	16.83	39.27	89.76	69.96	5.61	28.05	16.83
17	583	34.98	34.98	64.13	87.45	87.45	17.49	40.81	93.28	72.72	5.83	29.15	17.49
18	606	36.36	36.36	66.66	90.90	90.90	18.18	42.42	96.96	75.60	6.06	30.30	18.18
19	630	37.80	37.80	69.30	94.50	94.50	18.90	44.10	100.80	78.60	6.30	31.50	18.90
20	655	39.30	39.30	72.05	98.25	98.25	19.65	45.85	104.80	0.00	6.55	32.75	19.65

C. Análisis de la oferta

a. Oferta actual

El servicio de extracción de desechos sólidos se realiza de puerta en puerta para cada vivienda, comercio o institución. El personal contratado para ello recoge las bolsas, que posteriormente son llevadas al camión que las transporta hacia el basurero municipal donde no recibe ningún tratamiento y es depositado a cielo abierto.

Según la encuesta, únicamente el 46 % de los habitantes entrevistados del municipio cuenta con el servicio de extracción de residuos y desechos sólidos. Además, únicamente el 11 % de los que utiliza este servicio pagan la cuota mensual de Q. 30.00.

De igual forma, los datos obtenidos mediante la encuesta muestran que el tren de aseo pasa en los domicilios, comercios o instituciones únicamente de una a dos veces por semana. Por lo tanto, la oferta ofrecida actualmente por este servicio es catalogada en un 43 % de pésimo a regular, siendo el resto, un 57 % catalogada como bueno o excelente.

b. Oferta potencial

Esta consistirá en brindar a los habitantes del municipio el servicio de recolección y tratamiento a los residuos y desechos sólidos, así como un lugar adecuado para la disposición final a los desechos que no puedan ser tratados.

La oferta se realizará en función de la demanda proyectada a 20 años, que será la vida útil del proyecto en el diseño.

c. Análisis de precios

Los precios solicitados por la municipalidad serán con el fin de brindar la extracción de los residuos y desechos sólidos el tratamiento y la disposición final, así como la comercialización de productos y subproductos resultantes del tratamiento.

Con base en la encuesta realizada con anterioridad, la población del municipio está dispuesta a pagar hasta Q. 20.00 por este servicio. Sin embargo, solo un 30 % de la población está dispuesta a pagar por el servicio y para que este proyecto tenga el impacto deseado es necesario que el servicio sea prestado a la mayor cantidad de viviendas y comercios posibles.

La mayor cobertura del servicio garantizará el manejo correcto de los residuos y desechos sólidos comunes y financieramente permite alcanzar la maximización de los ingresos, siempre y cuando la tarifa de cobro no exceda la capacidad de pago de los usuarios.

Debido a esto se puede realizar el cobro de dos formas:

- Cobro directo: a través de talonarios, cobrando en cada vivienda mensualmente.
- Cobro indirecto: agregando el costo de manejo de desechos sólidos al consumo de agua potable o el boleto de ornato.

La dificultad de la segunda forma es que a pesar de que es más efectiva, el servicio de recolección y transporte no se ha proyectado para el 100 % de la población.

d. Comercialización del producto obtenido**i. Compost**

El compost obtenido por el tratamiento de desechos orgánicos será producido por el método de lombricompost. Este será comercializado a través de la oferta a distribuidoras de productos agrícolas; así también para fincas, viveros y a grandes o pequeños productores agrícolas.

ii. Materiales inorgánicos

La comercialización de estos materiales se realizará por medio de empresas recicladoras. Debido a que en el municipio o en sus cercanías no se cuenta con este tipo de empresas, se debe realizar convenios con empresas recicladoras para que estos productos puedan ser recogidos por ellos al llegar a un pesaje suficiente para pagar los gastos de transporte.

e. Promoción

Para que el proyecto sea exitoso, se necesita que toda la población del municipio esté involucrada. Debido a esto la municipalidad realizará fuertes programas de concientización y promoción del servicio por medio de las siguientes acciones:

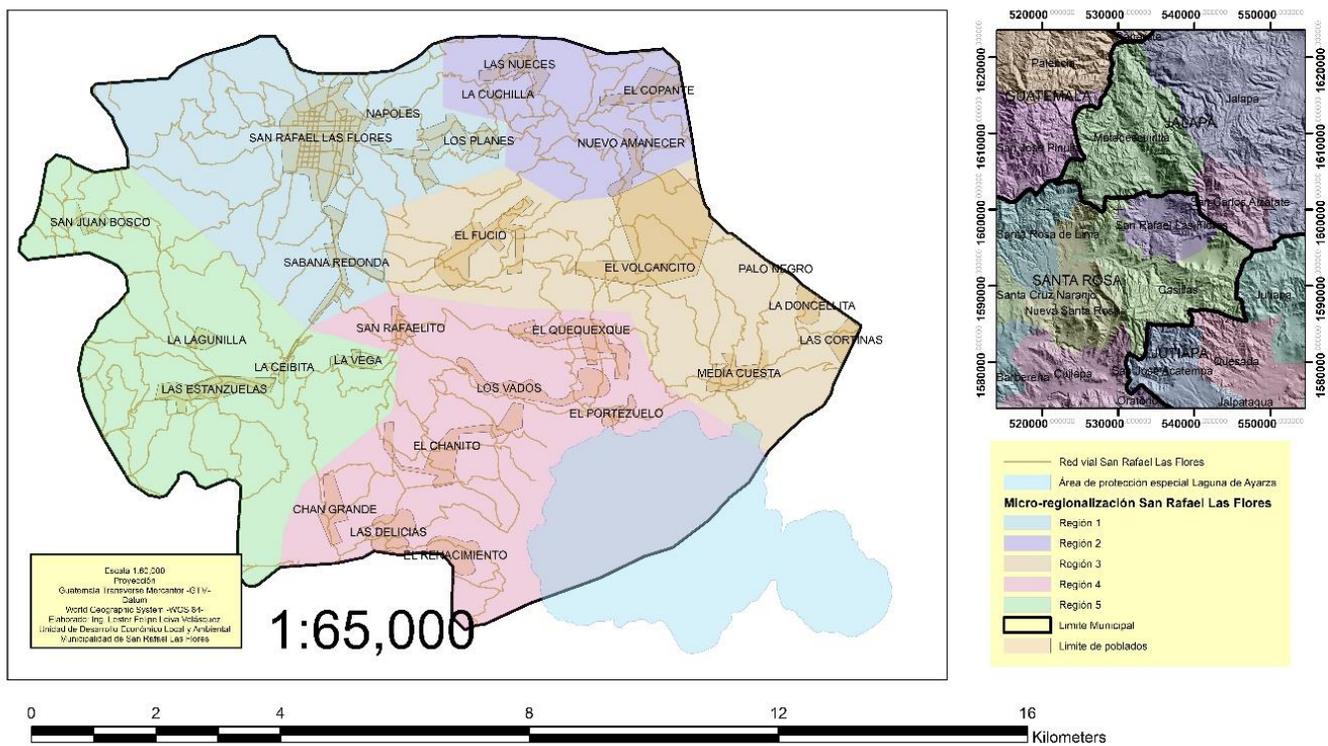
- Talleres en centros educativos.
- Visitas a hogares, comercios e instituciones.
- Alianzas con COCODES y líderes comunitarios.
- Propaganda por medio de pancartas y anuncios.
- Propaganda por medio de radioemisoras locales.

5.3.2 Estudio técnico

A. Recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos

a. Diseño de rutas

Para el diseño de las rutas se debe de zonificar el área. En el caso de San Rafael Las Flores, ya se cuenta con una micro regionalización del municipio, la cual puede utilizarse para el diseño de las rutas. Este mapa de micro regionalización se observa en la figura 18.



Fuente: Leiva, 2017.

Figura 18. Mapa de microregionalización.

Figuroa (2008) plantea los siguientes criterios a tomar en cuenta para el diseño de la ruta:

- Traza urbana de la localidad.
- Topografía de la localidad.
- Ancho y tipo de las calles.
- Método de recolección.
- Equipo de recolección.
- Densidad de población.
- Generación de residuos sólidos.

b. Capacidad de los camiones recolectores

Actualmente en el municipio, como ya se ha mencionado anteriormente, se cuenta con un camión con capacidad de 2.5 T y dimensiones de 3.1 m x 1.75 m x 1.75 m. Este cubre el 4 % del total de viviendas en el municipio, por lo cual no presenta ningún problema de capacidad o de rendimiento por contratiempo.

Sin embargo, el plan tiene como objetivo llegar a un 100 % de las viviendas, con lo cual por tiempos de recolección y capacidad del camión no podría cumplir dicho objetivo. Por ello es necesaria la implementación de un nuevo camión con las mismas dimensiones hasta que la población llegue a un total de 24,671 habitantes. Esto porque, como se muestra en el cuadro 52, según los datos de generación per cápita obtenidos durante la caracterización, son necesarios 2 camiones recolectores actualmente.

Cuadro 52. Cálculos para la capacidad del camión recolector.

Año	Población domiciliar estimada	Cantidad de residuos generados a diario en domicilios (kg)	Población comercial estimada	Cantidad de residuos generados a diario en comercios (kg)	Total de residuos generados diariamente (kg)	Camiones recolectores necesarios	Número de viajes por camión	Peso por camión por viaje (kg)
2018	12,641	7,331.80	242	832.50	8,164.30	2	2	2,041.10
2019	13,070.80	7,581.10	247	849.70	8,430.70	2	2	2,107.70
2020	13,515.20	7,838.80	252	866.90	8,705.70	3	2	1,450.90
2021	13,974.70	8,105.30	257	884.10	8,989.40	3	2	1450.94
2022	14,449.90	8,380.90	262	901.30	9,282.20	3	2	1,547.00
2023	14,941.20	8,665.90	268	921.90	9,587.80	3	2	1,598.00
2024	15,449.20	8,960.50	272	935.70	9,896.20	3	2	1,649.40
2025	15,974.40	9,265.20	277	952.90	10,218.00	3	2	1,703.00
2026	16,517.60	9,580.20	283	973.50	10,553.70	3	2	1,759.00
2027	17,079.20	9,905.90	289	994.20	10,900.10	3	2	1,816.70
2028	17,659.80	10,242.70	295	1,014.80	11,257.50	3	2	1,876.30
2029	18,260.30	10,591.00	301	1,035.40	11,626.40	3	2	1,937.70
2030	18,881.10	10,951.10	307	1,056.10	12,007.10	3	2	2,001.20
2031	19,523.10	11,323.40	313	1,076.70	12,400.10	3	2	2,066.70
2032	20,186.90	11,708.40	319	1,097.40	12,805.70	4	2	1,600.70
2033	20,873.20	12,106.50	325	1,118.00	13,224.50	4	2	1,653.10
2034	21,582.90	12,518.10	332	1,142.10	13,660.70	4	2	1,707.50
2035	22,316.70	12,943.70	339	1,166.20	14,109.90	4	2	1,763.70
2036	23,075.50	13,383.80	346	1,190.20	14,574.00	4	2	1,821.70
2037	23,860.00	13,838.80	353	1,214.30	15,053.20	4	2	1,881.60
2038	24,671.30	14,309.40	360	1,238.40	15,547.80	4	2	1,881.60

Para este cálculo fue tomada la capacidad de los camiones recolectores la cual es de 2.5 T y además el peso de 3 personas recolectoras con un peso promedio de 300 kg por las tres personas.

Si el crecimiento poblacional se mantiene según las estimaciones previas y si se desea cumplir con el 100 % de hogares y comercios para el año 2021 se debe contar con un tercer camión recolector. Debe ser sometido a consideración si es una mejor opción contar con camiones de recolección con mayor capacidad.

c. Frecuencia de recolección, días y horarios

Debido al alto contenido de materia orgánica, debe calcularse la frecuencia de la recolección en función del periodo de incubación de la mosca común (*musca domestica*) por medidas sanitarias. La hembra adulta coloca entre 5 y 6 partidas de huevos, las que varían en un número de 75 a 100. Los mismos nacen en un período de 2 hr a 24 hr y cambian a pupas en un tiempo de 4 a 7 días (Pérez, 2020).

Es por esto que la recolección de los desechos orgánicos debe de realizarse 2 veces por semana como mínimo. El cuadro 53 muestra la propuesta de frecuencia de recolección por centro poblado y composición de los residuos y desechos sólidos.

Cuadro 53. Frecuencia de recolección, días y horarios.

Tipo de residuo o desecho	Frecuencia semanal	Días	Centros poblados	Horario
Orgánico	2	Lunes y miércoles	El Renacimiento Las Delicias Chan Grande Los Vados El Portezuelo El Queeuxque San Rafaelito Media Cuesta Las Cortinas La Doncellita Palo Negro El Volcancito El Fucio El Chanito	6:00 a 16:00
		Martes y jueves	Las Estanzuelas La Ceibita La Vega La Lagunilla San Juan Bosco Sabana Redonda Casco Urbano Napolés Los Planes La Cuchilla Las Nueces El Copante Nuevo Amanecer	6:00 a 16:00

Continuación cuadro 53.

Tipo de residuo o desecho	Frecuencia semanal	Días	Centros poblados	Horario
		Lunes y miércoles	El Renacimiento Las Delicias Chan Grande Los Vados El Portezuelo El Queeuxque San Rafaelito Media Cuesta Las Cortinas La Doncellita Palo Negro El Volcancito El Fucio El Chanito	6:00 a 16:00
			Las Estanzuelas La Ceibita La Vega La Lagunilla San Juan Bosco Sabana Redonda Casco Urbano Napoles Los Planes La Cuchilla Las Nueces El Copante Nuevo Amanecer	
Sanitario	2	Martes y jueves		6:00 a 16:00
Inorgánico	1	Viernes	Todo el municipio	6:00 a 16:00

El día viernes se cambiará la metodología de recolección ya que debe cubrirse todo el municipio. En vez de pasar de casa en casa, la metodología será por paradas fijas en las esquinas de cada cuadra para poder optimizar el tiempo.

d. Número de viajes

Se concluyó que cada camión debe realizar 2 viajes diarios para poder cubrir su ruta sin exceder la capacidad del camión. En el cuadro 52 puede visualizarse el promedio del peso que llevará cada camión por viaje cada año.

e. Tamaño de la cuadrilla

El tamaño de la cuadrilla está en base de la capacidad del camión recolector ya que únicamente cuenta con una cabina para 3 personas y debe de optimizarse el tiempo para la carga de residuos y desechos. Es decir, el piloto del camión y dos recolectores, ya que es la capacidad máxima de transporte que tiene el camión recolector. Con la siguiente ecuación se tuvo el resultado para el municipio.

$$Nr = \frac{2 * 2500}{560 * 8} = 1.04$$

En donde:

Nr = Número de recolectores.

Se puede concluir que 3 personas por tren de aseo es el número óptimo para la recolección de los residuos y desechos en el municipio. Esto debido a que el resultado de la ecuación es de 1.04, es decir 2 personas. Sin embargo, para la optimización del tiempo sería necesaria una persona más.

f. Costos de recolección

Los costos de funcionamiento del tren de aseo se presentan en el cuadro 54.

Cuadro 54. Costos de recolección.

Descripción	Precio unitario (Q.)	Tiempo de vida	Cantidad anual	Total anual (Q.)
Mantenimiento	2,500.00	6 meses	2	10,000.00
Neumáticos	1,800.00	1 año	8	14,400.00
Combustible por galón	16.10	20 km/gal	2160	34,776.00
Guates	30.00	1 semanal	96	2,880.00
Caja de mascarillas 50 unidades	40.00	1 diaria	48	960.00
Botas	100.00	6 meses	6	1,200.00
Desinfectante por galón	30.00	1 semanal	2	2,880.00
Pala	75.00	1 año	4	300.00
Total				64,516.00

Dentro de los costos se incluyen los gastos por el funcionamiento del camión. Se incluyen el combustible, los gastos de mantenimiento por el uso y desgaste diario de este, así como los insumos necesarios para salvaguardar la salud de los recolectores.

B. Planta de tratamiento

a. Capacidad de la planta

i. Volumen de los residuos y desechos sólidos

Por medio del cálculo del total de los residuos y desechos generados y la densidad de los residuos y desechos, se obtuvo el volumen de los desechos generados por día. Estos datos se introdujeron en la siguiente ecuación:

$$V_{diario} = \frac{\text{Total de residuos y desechos generados diariamente (kg)}}{\text{Densidad (m}^3\text{)}}$$

Para el estrato domiciliario el volumen diario es de:

$$V_{diario} = \frac{7331.78 \text{ kg}}{494.88 \text{ kg/m}^3} = 14.82 \text{ m}^3$$

Para el estrato comercial el volumen diario es de:

$$V_{diario} = \frac{976.96 \text{ kg}}{397.27 \text{ kg/m}^3} = 2.46 \text{ m}^3$$

El total de volumen diario generado en el municipio es de 16.91 m³.

El cuadro 55 muestra el volumen que será generado en los siguientes 20 años.

Cuadro 55. Volumen de residuos y desechos sólidos generados en los siguientes 20 años.

Año	Estrato domiciliar (m ³)	Estrato comercial (m ³)	Total (m ³)
2018	5,407.60	764.90	6,172.40
2019	5,591.40	780.66	6,372.09
2020	5,781.50	796.46	6,578.00
2021	5,978.10	812.27	6,790.38
2022	6,181.40	828.07	7,009.44
2023	6,391.50	847.03	7,238.57
2024	6,608.80	859.68	7,468.52
2025	6,833.50	875.48	7,709.02
2026	7,065.90	894.44	7,960.33
2027	7,306.10	913.41	8,219.53
2028	7,554.50	932.37	8,486.90
2029	7,811.40	951.32	8,762.72
2030	8,077.00	970.29	9,047.27
2031	8,351.60	989.26	9,340.85
2032	8,635.50	1,008.22	9,643.77
2033	8,929.20	1,027.19	9,956.34
2034	9,232.70	1,049.31	10,282.06
2035	9,546.70	1,071.43	10,618.10
2036	9,871.20	1,093.56	10,964.81
2037	10,207.00	1,115.68	11,322.55
2038	10,554.00	1,137.81	11,691.71
Total (m ³)	16,1917.00	19,718.80	181,635.40

Para el año 2038, cuando se desea terminar el proyecto, se habrán generado 181,635.40 m³ de residuos y desechos sólidos sin tratar dentro del municipio.

Si el comportamiento de la composición se mantiene durante el tiempo la composición de los residuos y desechos sólidos hasta el año 2038 será como se muestra en el cuadro 56 para el estrato domiciliar.

Cuadro 56. Composición de los residuos y desechos sólidos anuales del año 2038 del estrato domiciliario.

Materiales	Porcentaje (%)	Total (kg)	Total (m ³)
Aluminio	4	208,917.09	6,476.66
Bolsas plásticas	2	104,458.55	3,238.33
Cartón	6	313,375.64	9,715.00
Duroport	1	522,29.27	1,619.17
Metal	6	313,375.64	9,715.00
Orgánico	47	2454,775.85	76,100.80
Otros Plásticos	8	417,834.19	12,953.33
Papel	5	261,146.37	80,95.83
PET	4	208,917.09	64,76.66
Sanitario	8	417,834.19	12,953.33
Tela	3	156,687.82	4,857.50
Vidrio	7	365,604.91	11,334.16

Si el comportamiento de la composición se mantiene durante el tiempo, la composición de los residuos y desechos sólidos hasta el año 2038 será como se muestra en el cuadro 57 para el estrato comercial.

Cuadro 57. Composición de los residuos y desechos sólidos del año 2038 del estrato comercial.

Materiales	Porcentaje (%)	Total (kg)	Total (m ³)
Aluminio	12	54,241.92	2,366.26
Bolsas plásticas	5	22,600.80	985.94
Cartón	15	67,802.40	2,957.82
Duroport	3	13,560.48	591.56

Continuación cuadro 57.

Materiales	Porcentaje (%)	Total (kg)	Total (m ³)
Metal	3	13,560.48	591.56
Orgánico	6	27,120.96	1183.13
Otros plásticos	11	49,721.76	2169.07
Papel	7	31,641.12	1380.32
PET	16	72,322.56	3155.01
Sanitario	6	27,120.96	1183.13
Tela	1	4,520.16	197.19
Vidrio	15	67,802.40	2957.82

Los cuadros 56 y 57 muestran la cantidad de residuos y desechos sólidos que se generarán durante los 365 días del año 2038. Estos datos serán necesarios para el cálculo de las diferentes áreas de la planta de tratamiento.

No todos los materiales irán a disposición final ya que serán aprovechados para su revalorización y comercialización. Los materiales que si irán a disposición final serán:

- Bolsas plásticas.
- Poliestireno expandido (duroport).
- Sanitario.
- Tela.

En el estrato domiciliario, los materiales mencionados anteriormente, representan una proporción total de 14 % y en el estrato comercial de 15 %. Debido a esto los cálculos para el tamaño del relleno sanitario serán los que se muestran en el cuadro 58.

Cuadro 58. Porcentajes de materiales no reutilizables.

Estrato	Porcentaje (%)	Total (kg)	Total (m ³)
Domiciliar	14	73,1209.83	22,668.32
Comercial	15	67,802.40	2,957.82
Total	29	799,012.23	25,626.14

b. Localización del terreno

La municipalidad ya cuenta con un predio para la construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos el cual es el actual vertedero. Este se encuentra en las coordenadas geográficas latitud 14° 28' 5.30" N y longitud 90° 11' 3.50" O. Tiene un área de 5,720 m². En la figura 20 se puede observar donde estaría ubicada la planta.

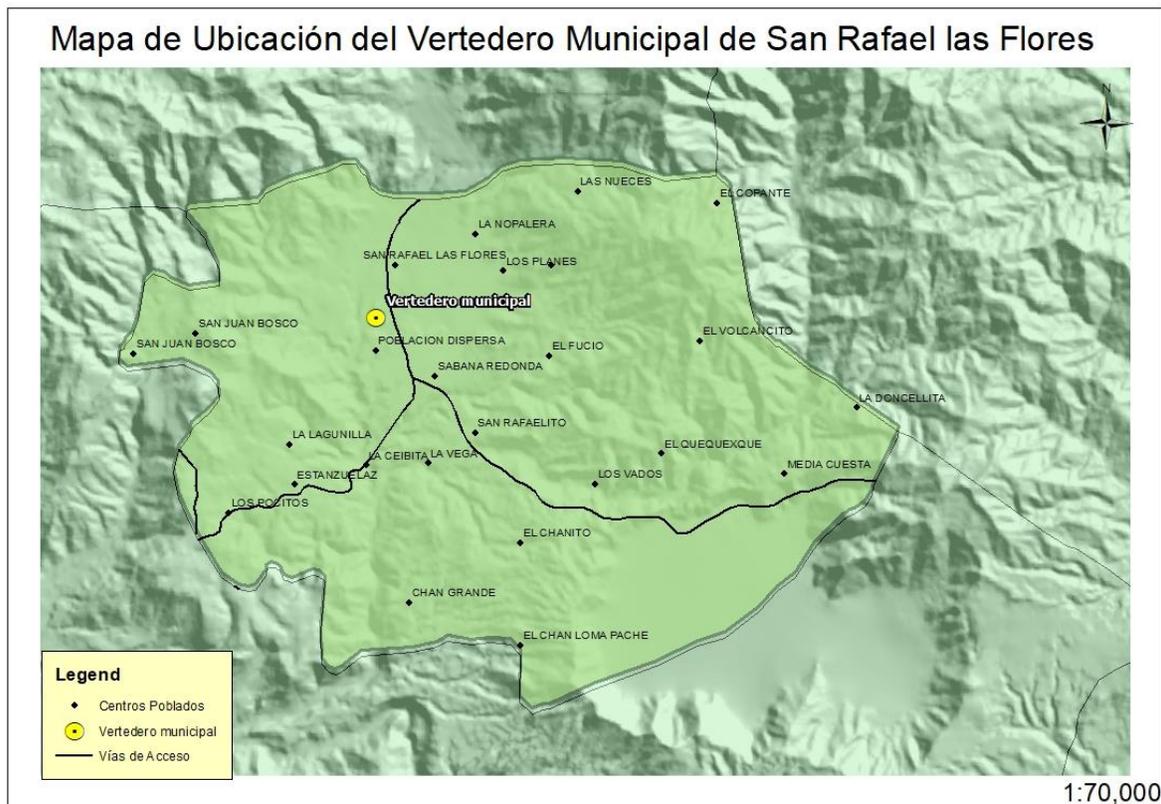


Figura 19. Mapa de ubicación del vertedero municipal.

c. Área necesaria para el tratamiento de cada desecho

El área necesaria para cada tipo de desecho se determinó con base en el cálculo de los residuos y desechos sólidos generados diariamente y por mes del año 2038. El cuadro 59 muestra la relación de los residuos y desechos sólidos generados con el área que se tiene disponible para estos.

Cuadro 59. Relación de volumen generado de residuos y desechos sólidos con área disponible.

Área	Volumen total de ingreso de desechos diarios año 2038 estrato domiciliar (m ³)	Volumen total de ingreso de desechos diarios año 2038 estrato comercial (m ³)	Volumen total diario (m ³)	Volumen total mensual (m ³)	Área disponible (m ²)	Volumen disponible (m ³)
Compostaje	208.49	3.24	211.74	6,352.10	760	3,800
Separación de inorgánicos	204.06	47.54	251.60	7,548.01	660	3,300
Relleno sanitario	62.11	8.10	70.21	2,106.26	435	2,610
Galera PET y aluminio	35.49	15.13	50.62	1,518.46	180	900
Galera plásticos	35.49	5.94	41.43	1,242.94	100	500
Galera de vidrios	31.05	8.10	39.16	1,174.68	160	800
Galera de metales	26.62	1.62	28.22	847.11	145	725
Galera de papel y cartón	48.79	11.89	60.68	1,820.46	185	925

La planta de tratamiento no almacenará por más de 15 días los residuos reciclables, ya que estos serán comercializados. Los desechos también serán tratados por medio de incineración a altas temperaturas en hornos especiales que evitan la emisión de gases tóxicos.

d. Diseño final de la planta de tratamiento

Las figuras 20 y 21 muestran los planos de diseño de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

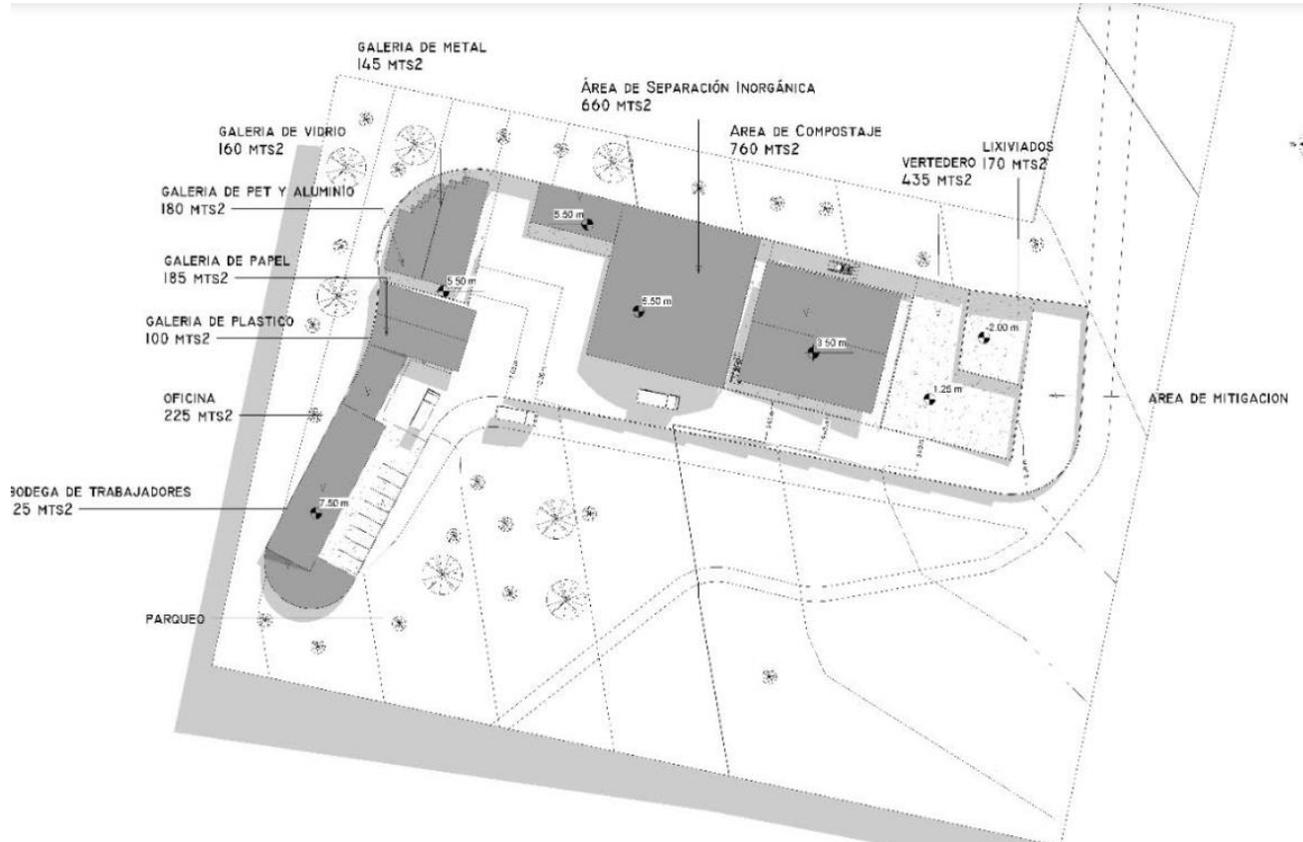


Figura 20. Plano 1 de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólido.

La figura 21 muestra cómo se vería la planta de tratamiento de San Rafael Las Flores.



Figura 21. Modelo de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

e. Costos de operación

Los costos de operación que tendrá la planta de tratamiento se muestran en el cuadro 60. Estos incluyen los insumos para los trabajadores de esta.

Cuadro 60. Costos de operación de la planta de tratamiento.

Descripción	Precio unitario	Tiempo de vida	Cantidad	Total anual (Q.)
Carreta de acarreo	280	1 año	10	2,800
Azadón	80	6 meses	20	1,600
Pala	75	6 meses	20	1,500
Guantes	30	1 semanal	672	20,160
Botas	100	6 meses	14	2,800
Mascarillas caja de 50 unidades	40	1 diaria	102	4,080
Desinfectante por galón	30	3 semanales	144	4,320

5.3.3 Estudio administrativo legal

A. Aspectos administrativos

a. Planeación estratégica

i. FODA del plan integrado de manejo de los residuos y desechos sólidos comunes de San Rafael Las Flores

El cuadro 61 muestra un análisis estratégico de los elementos que pueden influir para que el plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos se lleve a cabo. Se pueden evidenciar los factores internos y externos que pueden afectar de manera positiva y negativa el proyecto.

Cuadro 61. FODA del plan integral del manejo integral de residuos y desechos sólidos.

FODA		
	<u>Oportunidades</u>	<u>Amenazas</u>
Factores externos	1. Existen políticas que regulan el manejo de los residuos y desechos sólidos.	1. Poca voluntad de pago de los habitantes por el servicio.
	2. Existen empresas interesadas en la compra de materiales reciclables.	2. Falta de interés de entes externos para la formación de alianzas interinstitucionales.
	3. La población del municipio aún no es tan grande y aún se puede controlar la disposición final de los residuos y desechos sólidos.	3. No existe una cultura de segregación de desechos en los habitantes del municipio.
Factores internos		
<u>Fortalezas</u>	<u>Estrategia (FO)</u>	<u>Estrategia (FA)</u>
1.Mano de obra calificada	Diseñar un relleno sanitario y una planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos que cumplan con las políticas ambientales para la reducción de impactos ambientales negativos, así como la minimización de desechos que llegan a la disposición final.	Buscar alianzas con empresas en el área para subsidiar el costo del servicio, así no se cobrará una tarifa mayor a Q. 20.00 por este.

FODA		
<p>2. Ya se cuenta con terreno para el relleno sanitario</p>		<p>Utilizar centro de acopio para los materiales reciclables, lo cual podría reducir la tarifa mensual por el servicio.</p>
<p>3. La municipalidad cuenta con un presupuesto designado para el proyecto</p>		

FODA		
<u>Debilidades</u>	<u>Estrategia (DO)</u>	<u>Estrategia (DA)</u>
1. Únicamente se cuenta con un camión recolector	Emplear campañas de concientización ambiental donde se haga énfasis en la segregación de los residuos por sus características físicas, así se puede aprovechar la mayor cantidad de estos para reciclaje y llegar a convenios con empresas recicladoras, reduciendo así la cantidad de desechos para disposición final	Plantear un manejo integrado de desechos sólidos para optimizar de mejor manera los recursos con los que cuenta la municipalidad, tomando en cuenta las etapas desde la generación hasta la disposición final.
2. La distancia para la comercialización con empresas recicladoras.		

FODA		
3. El terreno con el que se cuenta no tiene ningún control ambiental		

ii. Misión

La misión planteada para el PIMRDS es:

Proporcionar un servicio integrado del manejo de desechos sólidos, minimizando la cantidad de desechos que van a disposición final por medio de la recuperación de materiales reciclables y compostables, mejorando la calidad de vida de los habitantes del municipio de San Rafael Las Flores.

iii. Visión

La visión planteada para el PIMRDS es:

Implementar un plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos que garantice a San Rafael Las Flores ser un municipio responsable con el medio ambiente y la salud de sus habitantes.

iv. Metas

Las metas a corto plazo del proyecto son:

- Sensibilizar a la población acerca de su importante participación en el plan integral para el manejo de los residuos y desechos sólidos, especialmente durante la segregación de estos.
- Reorganizar las rutas del tren de aseo para que todos los habitantes tengan acceso a este servicio.
- Colocar recipientes para segregación de residuos en varios puntos del municipio.
- Contratar de manera formal a las personas que formarán parte del tren de aseo y de quienes controlarán el vertedero.

Las metas a mediano plazo del proyecto son:

- Buscar y realizar alianzas con empresas recicladoras para que puedan hacerse cargo de materiales como papel, cartón, vidrio etc. y puedan volverse a utilizar.
- Creación de un relleno sanitario que cumpla con los estándares ambientales para reducir el impacto que tienen los residuos y desechos sólidos.
- Concientizar a la población acerca de por qué es necesario un pago por el servicio ambiental ofrecido por la municipalidad.

Las metas a largo plazo del proyecto son:

- Construcción de una planta de tratamiento para la recuperación de todos los materiales reciclables y compostables.
- Contar con alianzas con el sector privado para ayudar al subsidio del servicio.
- Expansión del servicio de recolección de desechos sólidos a todo el municipio.

b. Recurso humano

La administración de esta área estará a cargo de la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad (UGAM), pero se debe contratar personal específico para la administración del relleno sanitario y la planta de tratamiento.

i. Estructura administrativa del proyecto

La figura 22 muestra de forma gráfica cómo será la jerarquía de los trabajadores dentro del proyecto.

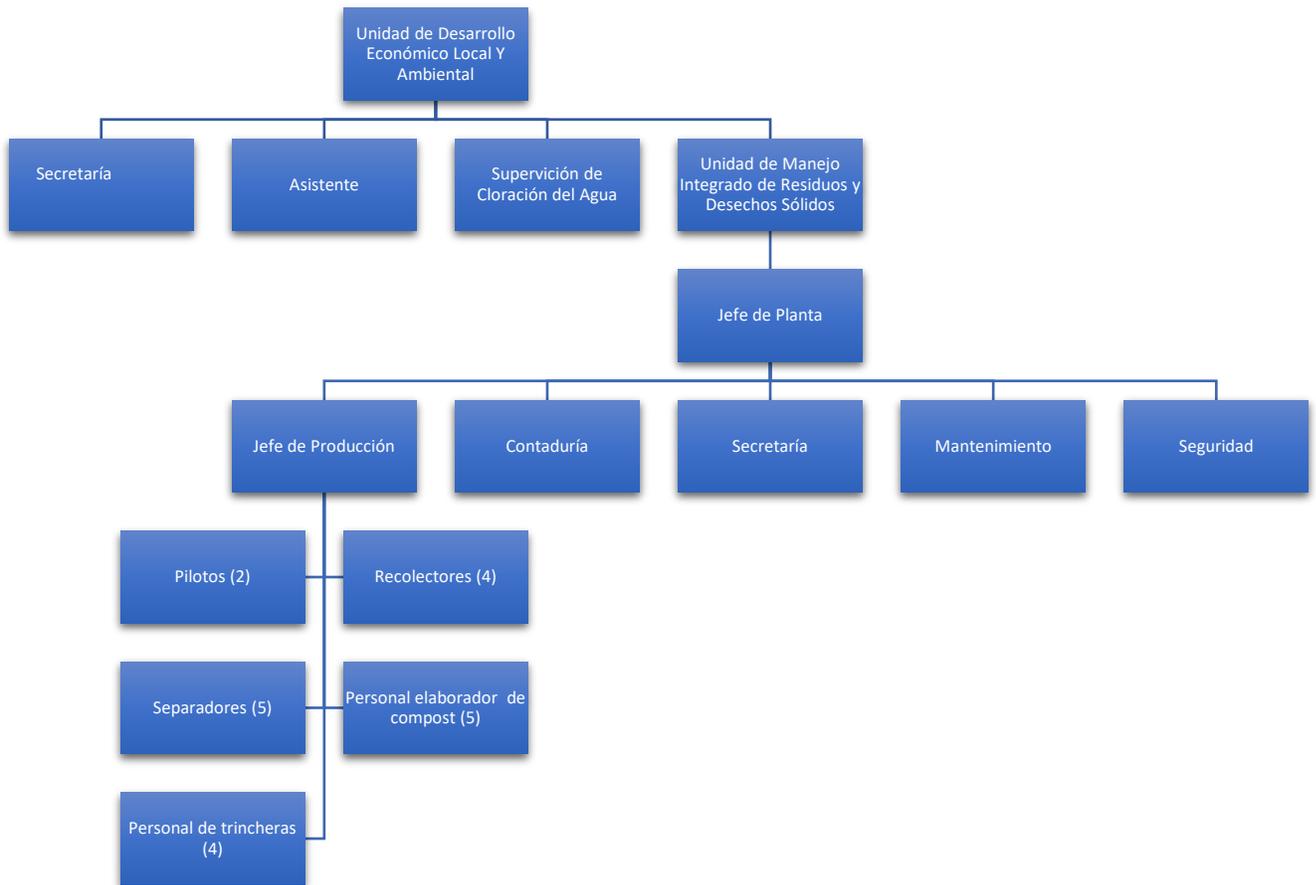


Figura 22. Organigrama de la estructura administrativa del proyecto.

ii. Cálculo del personal

En el cuadro 62 se puede observar que los horarios de todos los trabajadores serán de lunes a viernes. Para el personal profesional, de oficina y del relleno sanitario será de 8:00 hr a 17:00 hr con una hora de almuerzo, a excepción del día viernes. Este día la hora de

salida será a las 16:00 hr. Con este horario se cumplirían con las 44 horas de trabajo semanal requeridas por el Código de Trabajo.

En cuanto a los pilotos de los camiones y a los recolectores, estos realizarán su labor de las 6:00 am a las 16:00, haciendo un total de 45 hr laboradas durante la semana. Esto implica una hora que será pagada como hora extra.

Cuadro 62. Horarios de los trabajadores de la planta de tratamiento.

Puesto	Plazas	Tipo de horario	Horario de trabajo	Hora de almuerzo	Días	Salario mensual sin prestaciones (Q.)
Jefe de Planta	1	Diurno	8:00 a 17:00 8:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a jueves Viernes	12,000.00
Jefe de producción	1	Diurno	8:00 a 17:00 8:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a jueves Viernes	8,000.00
Contador	1	Diurno	8:00 a 17:00 8:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a jueves Viernes	4,750.00
Secretaria	1	Diurno	8:00 a 17:00 8:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a jueves Viernes	3,750.00

Continuación cuadro 62.

Puesto	Plazas	Tipo de horario	Horario de trabajo	Hora de almuerzo	Días	Salario mensual sin prestaciones (Q.)
Piloto	2	Diurno	6:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a viernes	3,500.00
Recolector	4	Diurno	6:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a viernes	3,250.00
Personal de separación	5	Diurno	6:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a viernes	3,250.00
Personal de compostaje	5	Diurno	6:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a viernes	3,250.00
Personal de trincheras	4	Diurno	6:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Lunes a viernes	3,250.00
			8:00 a 17:00		Lunes a jueves	
Seguridad	1	Diurno	8:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Viernes	2,750.00
			8:00 a 17:00		Lunes a jueves	
Mantenimiento	1	Diurno	8:00 a 16:00	12:00 a 13:00	Viernes	2,750.00

iii. Planilla de salarios

Para la planilla de salarios y el cálculo de prestaciones imputables al patrono, se utilizó la siguiente base legal:

- **Bonificación incentiva (bono salarial)**

“Corresponde una bonificación de doscientos cincuenta quetzales (Q. 250.00) que deberán pagar sus empleadores, junto al sueldo mensual devengado” (Código de trabajo, 1947).

- **Bonificación anual (bono 14)**

“Para determinar el monto de la prestación, se toma como base el promedio de los sueldos o salarios ordinarios devengados por el trabajador en el año, el cual termina en el mes de junio de cada año, (Código de trabajo,1947)”.

- **Aguinaldo**

Según el código de trabajo (1947), el empleador tiene la obligación de otorgar cada año un aguinaldo no menor del ciento por ciento del salario mensual, o el que ya estuviere establecido sí fuere mayor, a los trabajadores que hubieren laborado durante un año ininterrumpido y anterior a la fecha del otorgamiento. La ley regulará su forma de pago. A los trabajadores que tuvieran menos del año de servicios, tal aguinaldo les será cubierto proporcionalmente al tiempo laborado.

- **Vacaciones**

Según el código de trabajo (1947), “el trabajador tendrá derecho a quince días hábiles de vacaciones anuales pagadas después de cada año de servicios continuos”.

- **Indemnización**

Según el código de trabajo (1947), “para el cálculo de la indemnización se debe tener en cuenta el monto de la bonificación anual devengada por el trabajador, en la proporción correspondiente a seis meses de servicios, o por el tiempo trabajado, si éste fuera menor de seis meses”.

- **Ventajas económicas**

Según el código de trabajo (1947), “se refieren a todos aquellos beneficios que obtiene el trabajador por parte de la empresa, en este caso corresponde a un bono anual correspondiente al 3 % sobre el salario devengado”.

- **Horas extraordinarias**

Según el código de trabajo (1947), El trabajo efectivo que se ejecute fuera de los límites de tiempo o que exceda del límite inferior que contractualmente se pacte. Constituye jornada extraordinaria y debe ser remunerada por lo menos con un 50 % más de los salarios mínimos o de los salarios superiores a estos que hayan estipulado las partes.

El cuadro 63 muestra la proyección de los salarios de los trabajadores del proyecto, así como sus respectivas prestaciones.

iv. Descripción y perfil de puestos

La descripción del perfil del puesto de jefe de planta se muestra en el cuadro 64. En este cuadro se plantea la identificación del puesto, la relación de autoridad, el propósito del puesto, las funciones del puesto, así como los requisitos para poder optar a este.

Cuadro 64. Descripción perfil de jefe de planta.

Jefe de planta	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Jefe de planta
Número de plazas:	1
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Administrativo-financiero
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Director de la unidad de desarrollo económico local y ambiental
	Jefe de producción secretaria Contador Mantenimiento
Subordinados directos:	Guardián
c. Propósito del puesto	
Velar por las funciones administrativas, financieras y legales del proyecto	
d. Funciones generales	
1. Realizar los planes operativos anuales del proyecto	
2. Administrar los recursos del proyecto eficientemente	

Jefe de planta	
3. Velar por el funcionamiento correcto del proyecto, así como el cumplimiento de las labores de sus subordinados	
e. Funciones específicas	
1. Seleccionar el personal de trabajo del proyecto	
2. Elaboración de informes estadísticos mensuales de los productos obtenidos del proyecto, así como de las acciones administrativas y financieras.	
3. Elaboración de presupuestos mensuales con ingresos y egresos.	
4. Evaluación del personal a cargo y proporcionar retroalimentación	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Ing. Agrónomo Ing. Ambiental Ing. Industrial
Conocimientos:	Conocimiento en gestión de proyectos, procesos de biodegradación: desechos sólidos, comercialización de productos legislación ambiental nacional
Experiencia:	3 años de experiencia en gestión de proyectos similares
Características:	Responsable, Capacidad de trabajar bajo presión, Puntual y liderazgo

v. Insumos administrativos

El cuadro 65 muestra los insumos necesarios para la operación correcta de la oficina dentro del proyecto, así como los precios de la inversión inicial de estos.

Cuadro 65. Insumos administrativos.

Mobiliario	Cantidad	Precio unitario (Q.)	Total (Q.)
Computadora	4	2,500.00	10,000.00
Silla para escritorio	4	600.00	2,400.00
Escritorio	4	1,450.00	5,800.00
Teléfono	1	300.00	300.00
Impresora multifuncional	1	1,500.00	1,500.00
Silla de recepción	1	1,600.00	1,600.00
Mesa cafetería	3	400.00	1,200.00
Sillas cafetería	12	200.00	2,400.00
Cafetera	1	250.00	250.00
Refrigerador	1	4,500.00	4,500.00
Microondas	1	540.00	540.00
Gabinetes cocina	1	1,200.00	1,200.00
Inodoro	2	650.00	1,300.00
Lavamanos	2	255.00	510.00
Total			33,500.00

B. Aspectos legales

Los aspectos legales que hacen necesario un proyecto ambiental como lo es la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de San Rafael Las Flores, son los siguientes:

a. Constitución Política de la República de Guatemala (1985)

Con base en la Constitución se hace constar la importancia de la propuesta del plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos, ya que, por medio de esta, se busca proteger el medio ambiente de la contaminación de estos elementos.

b. Código Municipal (2002)

El Código Municipal hace constar que el manejo correcto de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores es responsabilidad principal del ente gubernativo local, es decir la municipalidad. Es responsabilidad de esta institución la extracción de los residuos y desechos sólidos de todos los hogares y garantizar un tratamiento correcto de estos para así evitar daños a sus habitantes y el medio ambiente.

c. Ley de Protección y Mejora del Ambiente (1986)

La propuesta de manejo de residuos y desechos sólidos para el municipio debe ser regulado por la Ley de Protecciones y Mejoramiento del Ambiente. Esta propuesta debe garantizar que previo al inicio del plan, debe realizarse un estudio de impacto ambiental para dar a conocer desde un punto de vista sostenible si el proyecto no representa una amenaza para ninguno de los factores del medio ambiente.

d. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos (2015)

Esta política es la regulación más directa que debe de seguir el plan de manejo de residuos y desechos sólidos del municipio. Es en esta política se proponen las bases que debe seguir el plan con respecto a la extracción de los residuos y desechos sólidos, así como los pasos a seguir para el tratamiento adecuado de estos.

5.3.4 Estudio ambiental

A. Identificación de los impactos ambientales

El cuadro 66 muestra las acciones que se llevarán a cabo dentro del proyecto de la planta de tratamiento y la forma que estos impactarán el medio ambiente.

Cuadro 66. Matriz de impactos positivos y negativos del proyecto.

Actividad/factor ambiental	Clima	Calidad del aire			Hidrología			Suelo		Flora	Fauna	Paisaje	Economía y empleo			
	Temperatura y humedad	Partículas suspendidas	Malos olores	Emisión de gases	Nivel de ruido	Calidad del agua superficial	Patrón de flujos superficiales	Hidrología subterránea	Compactación y erosión del suelo	Contaminación del suelo	Cobertura vegetal	Uso de hábitat y desplazamiento de especies	Calidad paisajística	Empleo	Infraestructura y servicios	Economía local
Fase de construcción																
Selección del diseño planta de tratamiento a implementar																
Estudios de prefactibilidad																
Limpieza y desmonte																
Instalar campamento																
Excavación y nivelación																

Actividad/factor ambiental	Clima	Calidad del aire			Hidrología			Suelo		Flora	Fauna	Paisaje	Economía y empleo			
	Temperatura y humedad	Partículas suspendidas	Malos olores	Emisión de gases	Nivel de ruido	Calidad del agua superficial	Patrón de flujos superficiales	Hidrología subterránea	Compactación y erosión del suelo	Contaminación del suelo	Cobertura vegetal	Uso de hábitat y desplazamiento de especies	Calidad paisajística	Empleo	Infraestructura y servicios	Economía local
Habilitación de áreas destinadas para materiales de construcción y botaderos		Red		Red				Red	Red	Red		Red	Red	Verde	Verde	Verde
Uso de maquinaria y equipo	Red	Red	Red	Red	Red			Red	Red			Red	Red	Verde	Verde	Verde
Obra gris		Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Verde	Verde	Verde
Manejo de desechos		Verde	Verde	Verde		Verde		Verde		Verde		Verde	Verde	Verde		Verde
Fase de operación																
Recolección de residuos y desechos sólidos		Red	Red	Red		Verde		Verde	Red	Verde			Verde	Verde	Verde	Verde

Actividad/factor ambiental	Clima	Calidad del aire			Hidrología		Suelo		Flora	Fauna	Paisaje	Economía y empleo				
	Temperatura y humedad	Partículas suspendidas	Malos olores	Emisión de gases	Nivel de ruido	Calidad del agua superficial	Patrón de flujos superficiales	Hidrología subterránea	Compactación y erosión del suelo	Contaminación del suelo	Cobertura vegetal	Uso de hábitat y desplazamiento de especies	Calidad paisajística	Empleo	Infraestructura y servicios	Economía local
Ingreso de camiones y/o vehículos	Red	Red	Red	Red	Red				Red				Red	Verde	Verde	Verde
Descargo de residuos y desechos		Red	Red	Red	Red				Red	Verde			Verde	Verde	Verde	Verde
Separación de residuos inorgánicos		Red	Red	Red	Red	Verde		Verde		Verde			Verde	Verde	Verde	Verde
Compostaje de desechos orgánicos	Red	Red	Red	Red	Red	Verde		Verde					Verde	Verde	Verde	Verde
Uso de maquinaria y equipo	Red	Red	Red	Red	Red			Red	Red					Verde	Verde	Verde
Piletas de lixiviación			Red	Red		Verde		Verde	Verde					Verde	Verde	Verde
Área de trabajo de 20 personas	Red	Red	Red	Red	Red	Red		Red						Verde	Verde	Verde

Actividad/factor ambiental	Clima	Calidad del aire			Hidrología			Suelo		Flora	Fauna	Paisaje	Economía y empleo			
	Temperatura y humedad	Partículas suspendidas	Malos olores	Emisión de gases	Nivel de ruido	Calidad del agua superficial	Patrón de flujos superficiales	Hidrología subterránea	Compactación y erosión del suelo	Contaminación del suelo	Cobertura vegetal	Uso de hábitat y desplazamiento de especies	Calidad paisajística	Empleo	Infraestructura y servicios	Economía local
Fase de clausura																
Sellado superficial																
Restauración de la cubierta vegetal																
Desmontaje de las instalaciones provisionales de obra																

Impacto negativo

Impacto positivo

Como puede observarse en el cuadro 66, el proyecto tiene una cantidad considerable de impactos negativos durante la fase de construcción. Esto debido a que la naturaleza del proyecto es trabajar con los residuos y desechos, siempre tendrá un impacto negativo en el medio ambiente.

Sin embargo, los impactos positivos durante la fase de operación y clausura evitarán la degradación del medio ambiente e impactos nocivos en la salud de los habitantes del municipio por 20 años aproximadamente.

En la identificación al ser una matriz cualitativa, no puede determinarse la magnitud de los impactos, así como tampoco se puede determinar si el proyecto tiene mayor impacto negativo o positivo y si debería realizarse con base en este resultado.

B. Valorización de impactos ambientales

El cuadro 67 muestra a través de la matriz de Leopold los valores cualitativos que tienen las acciones que se llevarán a cabo dentro de la planta de tratamiento de residuos y desecho sólidos.

Cuadro 67. Matriz de Leopold.

Factores ambientales		Fase de construcción						Fase de operación						Fase de clausura						
		Limpeza y desmonte	Instalar campamento	Excavación y nivelación	Habilitación de áreas destinadas para materiales de construcción y Botaderos	Uso de maquinaria y equipo	Obra gris	Manejo de desechos	Recolección de R y D sólidos	Ingreso de camiones y/o vehículos	Descargo de residuos y desechos	Separación de residuos inorgánicos	Compostaje de desechos orgánicos	Uso de maquinaria y equipo	Piletas de lixiviación	área de trabajo de 20	Sellado superficial	Restauración de la cubierta vegetal	Desmontaje de las instalaciones provisionales	
Abiótico	Suelo	Erosión de suelo	-2 -1	-3 -1	-7 -3	/	-3 -2	/	-3 -2	-1 -1	/	/	/	-3 -3	/	/	/	/	9	
		Generación de residuos sólidos	-5 -2	-6 -2	-9 -7	-4 -3	/	-9 -8	10	/	10/	10	10	/	/	-3	/	/	10	
		Vertido de residuos líquidos	/	-5 -3	/	-4 -4	-7 -4	/	-7 -4	-7 -4	/	10	10	-7 -4	-10 -6	-5 -7	/	-2	-4	/
		Compactación de suelos	/	-2 -1	-6 8	/	-4 -2	-8 10	/	-5 -6	-5 -4	-4 -4	/	-3 -3	/	10	6	8	-3	-1
	Agua	Calidad de cuerpos de agua	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8	8	-10 -5	-5 -6	/	8	10	/	
		Cantidad de cuerpos de agua	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Calidad de agua subterránea	-6 -7	/	/	/	/	/	7	-4 -7	-4 -7	/	10 10	-5 -7	-10 -4	/	/	/	/	
		Calidad de agua superficial	/	/	/	/	/	8	/	/	/	/	8	/	-5 -6	/	8	10	/	
		Calidad de agua potable	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Aire	Emisión de gases	-2 -3	-2 -3	-8 -9	-6 -8	-5 -4	-8 -8	5 6	-3 -3	-5 -7	-3 -4	-3 8	-4 -7	-4 -2	-6 -4	-1 -1	-3 8	8 8	-5 -6

Factores ambientales		Fase de construcción							Fase de operación							Fase de clausura										
		Limpieza y desmonte	Instalar campamento	Excavación y nivelación	Habilitación de áreas destinadas para materiales de construcción y Botaderos	Uso de maquinaria y equipo	Obra gris	Manejo de desechos	Recolección de R y D sólidos	Ingreso de camiones y/o vehículos	Descargo de residuos y desechos	Separación de residuos inorgánicos	Compostaje de desechos orgánicos	Uso de maquinaria y equipo	Piletas de lixiviación	área de trabajo de 20	Sellado superficial	Restauración de la cubierta vegetal	Desmontaje de las instalaciones provisionales							
Acciones del proyecto causantes de posibles impactos ambientales		Malos olores	/	/	/	/	-5	-6	5	5	-6	-2	-2	-1	-4	-3	/	-6	-5	-5	-3	8	10	10	/	
		Partículas suspendidas	-2	-2	-9	-7	-6	-8	5	5	-4	-3	-4	-4	-4	-6	-3	-4	-7	-4	-4	/	-3	8	8	-5
		Nivel de ruido	-2	-3	-3	-8	-8	-8	6	6	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-6	-8	-4	-4	-4	-3	-3	-3	-3	-6
			-1		-4		-4	-7			-2	-3	-1			-5	-5					-3	-3			-4
Biótico	Flora	Número de especies	-2	-1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Cultivos	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Plantas acuáticas	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Especies amenazadas	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Fauna	Número de especies	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Hábitat	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Especies acuáticas	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Especies amenazadas	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Uso de los suelos	Uso de los suelos	Naturaleza y espacios abiertos	/	/	/	/	/	/	/	10	10	/	/	5	8	10	10	6	8	6	10	6	10	10	6	
		Agricultura	/	/	/	/	/	/	/	/	10	10	/	/	4	6	10	10	8	10	6	10	10	10	6	
		Residencial	/	/	/	/	/	/	/	/	10	10	/	/	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		Comercial	/	/	/	/	/	/	/	/	10	10	/	/	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Evaluaciones	Importancia	-21	-20	-36	-21	-36	-47	32	4	-33	-7	33	82	-32	1	-23	15	68	-4							
	Magnitud	-18	-13	-24	-23	-27	-26	35	11	-30	-8	60	77	-28	5	-24	43	72	-21							

Continuación cuadro 67.

Factores ambientales	Fase de construcción						Fase de operación						Fase de clausura					
	Limpieza y desmonte	Instalar campamento	Excavación y nivelación	Habilitación de áreas destinadas para materiales de construcción y Botaderos	Uso de maquinaria y equipo	Obra gris	Manejo de desechos	Recolección de R y D sólidos	Ingreso de camiones y/o vehículos	Descargo de residuos y desechos	Separación de residuos inorgánicos	Compostaje de desechos orgánicos	Uso de maquinaria y equipo	Piletas de lixiviación	área de trabajo de 20	Sellado superficial	Restauración de la cubierta vegetal	Desmontaje de las instalaciones provisionales
Acciones del proyecto causantes de posibles impactos ambientales																		
Totales	-39	-33	-60	-44	-63	-73	67	15	-63	-15	93	159	-60	6	-47	58	140	-25



Importancia/ Magnitud

Con base en esta valoración cuantitativa, se pudo determinar qué acciones tienen mayor impacto en el medio ambiente tanto positivas como negativas. La fase de construcción es la fase que más impacto negativo tiene debido a la construcción de la obra gris y la utilización de maquinaria.

En la fase de operación, el ingreso de camiones y vehículos, así como el uso de maquinaria dentro de la planta, son las acciones que más impacto negativo representan. Sin embargo, en esta fase ya se puede observar que existen acciones que tienen ya un impacto positivo considerable, como lo son la separación de residuos inorgánicos y el compostaje de los desechos orgánicos. En la última fase que se refiere a la fase de clausura, se pretende dejar un relleno sanitario sellado donde puedan desarrollarse la flora y la fauna nuevamente. Es por eso que sus impactos son más positivos que negativos.

A pesar de que la matriz de Leopold es un método de valoración subjetivo, permitió observar en términos de viabilidad ambiental que el proyecto a pesar de que tiene sus impactos negativos, es necesario su ejecución. Esto para poder tener más impactos positivos en el municipio.

C. Medidas de prevención, control y mitigación de los posibles impactos ambientales

El cuadro 68 muestra las diferentes medidas a tomar durante las fases de construcción y operación de la planta para disminuir los riesgos humanos y de impacto ambiental.

Cuadro 68. Medidas de prevención, control y mitigación de los posibles impactos ambientales.

Actividad	Impacto	Medidas de prevención, control y mitigación
Excavación y nivelación del terreno	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminación por medio de polvo y partículas 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humedecer el suelo previamente ○ Uso de equipo de protección por parte de todos los trabajadores de la obra ○ Evitar la realización de esta acción en horarios donde haya mucho viento
Uso de maquinaria y obra gris	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminación por medio de polvo y partículas ○ Riesgos para el personal de trabajo ○ Compactación del suelo ○ Riesgos por derrame de líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humedecer el suelo previamente ○ Controlar el correcto estado de mantenimiento y funcionamiento del parque automotor, camiones, equipos y maquinarias pesadas ○ Acatar todas las medidas de seguridad ocupacional ○ Operar una maquinaria a la vez ○ Elaborar manuales para la operación segura de los diferentes equipos y máquinas que se utilicen
Ingreso de camiones y vehículos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Compactación del suelo ○ Riesgo para el personal de trabajo ○ Emisión de gases 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Uso de una maquina a la vez ○ Señalización de áreas de acceso peatonal ○ Controlar el correcto estado de mantenimiento y funcionamiento

Actividad	Impacto	Medidas de prevención, control y mitigación
Desmontaje de las instalaciones provisionales	<ul style="list-style-type: none"> ○ Contaminación por medio de polvo y partículas ○ Compactación del suelo ○ Generación de residuos 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Humedecer el suelo previamente ○ Uso de equipo de protección por parte de todos los trabajadores de la obra ○ Evitar la realización de esta acción en horarios donde haya mucho viento ○ Realizar la extracción de los desechos de construcción por medio de una compañía dedicada a este oficio.

a. Costos de prevención, control mitigación

En el cuadro 69 se muestran los costos que tendrá la prevención, control y mitigación de los posibles impactos ambientales de las 3 diferentes fases la planta.

Cuadro 69. Costos de prevención, control y mitigación.

Descripción	Costo unitario (Q.)	Cantidad	Costo total (Q.)
Construcción			
Pipa de agua por día	1,500.00	10	15,000.00
Lentes de protección	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Casco	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Guantes	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción

Continuación cuadro 69.

Descripción	Costo unitario (Q.)	Cantidad	Costo total (Q.)
Arnés de seguridad	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Operación			
Geomembrana	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Lonas para evitar dispersión de residuos ligeros	1,500.00	12	18,000.00
Lentes de protección	18.50	88	1,628.00
Casco	60.00	22	1,320.00
Guantes	0.00	0	Ya está incluido en el costo de operación
Control			
Supervisión y monitoreo de instalaciones	0.00	0	Ya está incluido en el costo de operación
Total			35,948.00

5.3.5 Estudio financiero

A. Inversión inicial

a. Costos de construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

El costo de la construcción por área y metro cuadrado de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos en lo que respecta a los materiales utilizados en la construcción se muestra en el cuadro 70.

Cuadro 70. Costos de construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

Área	Área de construcción (m ²)	Costo (m ²)	Total (Q.)
Parqueo	225	400	90,000.00
Bodega trabajadores	125	1200	150,000.00
Oficina	225	1200	337,500.00
Galera de plástico	100	800	120,000.00
Galera de papel	185	800	222,000.00
Galera de PET y aluminio	180	800	216,000.00
Galera de vidrio	160	800	192,000.00
Galera de metal	145	800	174,000.00
Área de separación inorgánica	660	800	792,000.00
Área de compostaje	760	800	912,000.00
Vertedero	435	800	348,000.00
Lixiviados	170	800	36,000.00
Geomembrana	435	27.95	2,158.25
Total			3,591,658.25

En el cuadro 70 se identifican los costos de construcción de la planta. Estos incluyen un parqueo, bodega de trabajadores, oficina, galeras (plástico, papel, PET y aluminio, vidrio y metal) áreas (separación inorgánica y compostaje), vertedero, lixiviados y geomembrana, con un costo total de construcción de Q. 3,591,658.25.

b. Costos de mano de obra para la construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

Los resultados de los costos de la mano de obra por hora, indicando la jornada diaria y el contrato laboral de los puestos de trabajo de la construcción de la planta de tratamiento se muestran en el cuadro 71.

Cuadro 71. Costo de la mano de obra.

Puesto	Plazas	Costo por hora (Q.)	Jornada diaria	Contrato laboral (meses)	Costo total (Q.)
Maestro de obra	1	14.71	8	10	35,304.00
Albañil	5	14.10	8	10	33,840.00
Ayudante de albañil	7	14.00	8	10	33,600.00
Total					102,744.00

Para la construcción de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos se necesita como mano de obra: un maestro de obras, cinco albañiles y siete ayudantes de albañiles. Eso tendrá un costo total de mano de obra para la construcción de Q. 102,744.00.

c. Costos por mobiliario e insumos de oficina

En el cuadro 72 se muestran los costos de los insumos y el mobiliario de oficina para los trabajadores dentro de la planta de tratamiento, indicando la cantidad requerida, cantidad y precio unitario.

Cuadro 72. Costos por mobiliario e insumos de oficina.

Mobiliario	Cantidad	Precio unitario (Q.)	Total (Q.)
Computadora	4	2,500.00	10,000.00
Silla para escritorio	4	600.00	2,400.00
Escritorio	4	1,450.00	5,800.00
Teléfono	1	300.00	300.00
Impresora multifuncional	1	1,500.00	1,500.00
Silla de recepción	1	1,600.00	1,600.00
Mesa cafetería	3	400.00	1,200.00
Sillas cafetería	12	200.00	2,400.00
Cafetera	1	250.00	250.00
Refrigerador	1	4,500.00	4,500.00
Microondas	1	540.00	540.00
Gabinetes cocina	1	1,200.00	1,200.00
Inodoro	2	650.00	1,300.00
Lavamanos	2	255.00	510.00
Total			33,500.00

El mobiliario e insumos necesarios para la oficina son: cuatro computadoras, cuatro sillas para escritorio, cuatro escritorios, cuatro teléfonos, una impresora multifuncional, una silla de recepción, tres mesas para la cafetería, doce sillas para la cafetería, una cafetera, un refrigerador, un microondas, un gabinete de cocina, dos inodoros y 2 lavamanos. Esto tendrá un costo total de mobiliario e insumos de Q. 33,500.00.

d. Costo total de inversión

El costo total de inversión se muestra en el cuadro 73, el cual muestra un resumen de los costos totales de los cuadros presentados anteriormente.

Cuadro 73. Costo total de inversión.

Descripción	Costo (Q.)
Costo de construcción de la planta	3,591,658.25
Costo de mano de obra	102,744.00
Costo de mobiliario e insumos	33,500.00
Total	3,727,902.25

El resumen del costo total de inversión inicial incluye la construcción de la planta, mano de obra para la construcción y mobiliario e insumos, con un costo total de inversión de Q. 3,727,902.25.

B. Costos de operación del proyecto

a. Costos de operación del tren de aseo

Los costos de operación de dos camiones para realizar el tren de aseo municipal se presentan en el cuadro 74, indicando el precio unitario, tiempo de vida, cantidad y el costo anual.

Cuadro 74. Costo de operación del tren de aseo.

Descripción	Precio unitario (Q.)	Tiempo de vida	Cantidad anual	Total anual (Q.)
Mantenimiento	2,500.00	6 meses	2	10,000.00
Neumáticos	1,800.00	1 año	8	14,400.00
Combustible por galón	16.10	20 km/gal	2160	34,776.00
Guates	30.00	1 semanal	96	2,880.00
Caja de mascarillas 50 unidades	40.00	1 diaria	48	960.00
Botas	100.00	6 meses	6	1,200.00
Desinfectante por galón	30.00	1 semanal	2	2,880.00
Pala	75.00	1 año	4	300.00
Total				64,516.00

Los costos de operación del tren de aseo incluyen anualmente: 2 mantenimientos, 8 neumáticos, 2,160 gal de combustible, 96 guates, 48 cajas de mascarillas de 50 unidades, 12 botas, 96 gal de desinfectante y 4 palas. Esto tendrá un costo total de operación de Q. 64,516.00.

b. Costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

En el cuadro 75 se presentan los costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos anualmente, indicando el precio unitario, tiempo de vida, cantidad y el costo anual.

Cuadro 75. Costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

Descripción	Precio unitario (Q.)	Tiempo de vida	Cantidad	Total anual (Q.)
Carreta de acarreo	280.00	1 año	10	2,800.00
Azadón	80.00	6 meses	20	1,600.00
Pala	75.00	6 meses	20	1,500.00
Guantes	30.00	1 semanal	672	20,160.00
Botas	100.00	1 año	28	2,800.00
Mascarillas caja de 50 unidades	40.00	1 diaria	102	4,080.00
Desinfectante por galón	30.00	3 semanales	144	4,320.00
Total				37,260.00

Los costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos incluyen anualmente: 10 carretas de acarreo, 20 azadones, 20 palas, 672 guantes, 28 botas, 102 cajas de mascarillas de 50 unidades, 144 gal de desinfectante. Esto tendrá un costo total de operación de Q. 37,260.00.

c. Costos salariales

En el cuadro 76 se presentan los costos salariales anuales del personal con base en la legislación del país, incluye la cantidad de plazas según el puesto y el salario anual (incluye prestaciones de ley).

Cuadro 76. Costos salariales.

Puesto	Plazas	Salario anual + prestaciones de ley (Q.)	Total anual de acuerdo con el número de plazas (Q.)
Jefe de planta	1	173,413.46	173,413.46
Jefe de producción	1	116,778.66	116,778.66
Contador	1	70,781.00	70,781.00
Secretaria	1	56,624.8	56,624.80
Piloto	2	59,085.76	118,171.52
Recolector	4	55,119.50	220,478.00
Personal de separación	5	55,119.50	275,597.50
Personal de compostaje	5	55,119.50	275,597.50
Personal de trincheras	4	55,119.50	220,478.00
Seguridad	1	43,531.73	43,531.73
Mantenimiento	1	43,531.73	43,531.73
Total			1,614,983.90

Los costos salariales anuales del personal incluyen: un jefe de planta, un jefe de producción, un contador, una secretaria, dos pilotos, cuatro recolectores, cinco personas de separación y de compostaje, cuatro personas de trincheras, una persona para seguridad y otra para mantenimiento. Esto tendrá un costo total de salarios de Q. 1,614,983.90.

d. Costos por servicios básicos

Los costos por el uso de los servicios básicos e internet se muestran en el cuadro 77. Incluyen la cantidad, precio unitario y costo total.

Cuadro 77. Costos por servicios básicos.

Servicio	Cantidad	Precio unitario (Q.)	Total (Q.)
Agua	18,000 m ³	17.12 por cada 20 m ³	15,489.00
Luz	450 kWh	1.225677	6,615.66
Teléfono e internet	12 meses	350	4,200
Total			26,304.66

Los costos de operación del tren de aseo incluyen anualmente: agua, luz, teléfono e internet. Esto tendrá un costo total de operación de Q. 26,304.66.

e. Costos de producción

Los costos de producción de los productos dispuestos a revalorización se muestran en el cuadro 78, incluye el precio unitario, cantidad y total anual.

Cuadro 78. Costos de producción.

Descripción	Precio unitario (Q.)	Cantidad	Total anual (Q.)
Lombriz compostera por libra	40.00	100	4,000.00
Costales para compost	1.20	28,105	33,726.00
Rafia	75.00	100	7,500.00
Total	116.20	28,305	45,226.00

Los costos de producción de la elaboración de productos dispuestos a revalorización incluyen: 100 lb de lombriz (para la compostera), 28,105 costales para compost y 100 rafias. Esto tendrá un costo total de producción de Q. 45,226.00.

f. Costos por prevención y evaluación

Los costos de la prevención son los empleados para reducir o evitar problemas al personal en el proceso productivo y los costos de evaluación son los que incluyen los costos del servicio para supervisión y monitoreo de las instalaciones. De igual forma como del personal para evitar posibles impactos del proyecto, en el cuadro 79 se muestran estos costos indicando la cantidad utilizada, el costo unitario y total anual.

Cuadro 79. Costos por prevención, mitigación y control.

Descripción	Costo unitario (Q.)	Cantidad	Costo total (Q.)
Construcción			
Pipa de agua por día	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Lentes de protección	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Casco	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Guantes	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Arnés de seguridad	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Operación			

Descripción	Costo unitario (Q.)	Cantidad	Costo total (Q.)
Geomembrana	0.00	0	Ya está incluido en el costo de construcción
Lonas para evitar dispersión de residuos ligeros	1,500.00	12	18,000.00
Lentes de protección	18.50	88	1,628.00
Casco	60.00	22	1,320.00
Guantes	18.50		Ya está incluido en el costo de operación
Control			
Supervisión y monitoreo de instalaciones	0.00	0.00	Ya está incluido en el costo de operación
Total			20,948.00

g. Costos anuales totales de operación

El resumen de los costos totales de operación se muestra en el cuadro 80, observándose la descripción y el costo anual.

Cuadro 80. Costos totales de operación.

Descripción	Costo (Q.)
Costos de operación del tren de aseo	64,516.00
Costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos	37,260.00

Descripción	Costo (Q.)
Costos salariales	1,614,983.90
Costos por servicios	26,304.66
Costos de producción	45,226.00
Costos por prevención, mitigación y control	20,948.00
Total de costos	1,809,238.56

El resumen del costo total de operación incluye los costos de operación del tren de aseo, de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos, salariales, por servicios, de producción, por prevención y evaluación. Esto tendrá un costo total de inversión de Q. 1,809,238.56.

C. Estimación de ingresos

a. Tarifa ordinaria

El cuadro 81 muestra el aumento de los ingresos del proyecto conforme al crecimiento poblacional del municipio, en un periodo de 2018 al 2038, indicando el número de comercios y casas, así como la estimación de ingresos por extracción de basura mensual y anual.

Cuadro 81. Ingresos por cobro de tarifa ordinaria por extracción domiciliar de residuos y desechos sólidos.

Año	Número de comercios	Número Casas	Estimación de ingresos por extracción de basura al mes (Q.)	Estimación de ingresos por extracción de basura al año (Q.)
2018	2528	242	83,100.00	997,200.00
2019	2614	247	85,830.00	1,029,960.00
2020	2703	252	88,650.00	1,063,800.00
2021	2795	257	91,560.00	1,098,720.00
2022	2890	262	94,560.00	1,134,720.00
2023	2988	267	97,650.00	1,171,800.00
2024	3090	272	100,860.00	1,210,320.00
2025	3195	277	104,160.00	1,249,920.00
2026	3304	283	107,610.00	1,291,320.00
2027	3416	289	111,150.00	1,333,800.00
2028	3532	295	114,810.00	1,377,720.00
2029	3652	301	118,590.00	1,423,080.00
2030	3776	307	122,490.00	1,469,880.00
2031	3904	313	126,510.00	1,518,120.00
2032	4037	319	130,680.00	1,568,160.00
2033	4174	325	134,970.00	1,619,640.00
2034	4316	332	139,440.00	1,673,280.00
2035	4463	339	144,060.00	1,728,720.00
2036	4615	346	148,830.00	1,785,960.00
2037	4772	353	153,750.00	1,845,000.00
2038	4934	360	158,820.00	1,905,840.00

b. Venta de lombricompost

Las proyecciones de los ingresos de 20 años por la producción de lombricompost a base de desechos orgánicos se muestran en el cuadro 83, indicando la cantidad y los ingresos anuales.

Cuadro 83. Proyecciones de los ingresos por la producción de lombricompost.

Año	Desechos orgánicos (kg)	Ingresos anuales por lombricompost (Q.)
1	1,257,720	1,811,116.80
2	1,306,600	1,881,504.00
3	1,357,360	1,954,598.40
4	1,410,000	2,030,400.00
5	1,464,990	2,109,585.60
6	1,522,330	2,192,155.20
7	1,581,550	2,277,432.00
8	1,643,120	2,366,092.80
9	1,707,040	2,458,137.60
10	1,773,780	2,554,243.20
11	1,842,870	2,653,732.80
12	1,914,780	2,757,283.20
13	1,989,510	2,864,894.40
14	2,067,060	2,976,566.40
15	2,147,900	3,092,976.00
16	2,231,560	3,213,446.40
17	2,318,510	3,338,654.40
18	2,408,750	3,468,600.00
19	2,502,750	3,603,960.00
20	2,600,510	3,744,734.40
Total		53,350,113.60

c. Proyección de ingresos totales anuales

Los resultados de las proyecciones de ingreso de 20 años por el servicio de extracción y la comercialización de los residuos y desechos sólidos revalorizados se muestran en el cuadro 84 en la cual se estima que, a los 20 años del proyecto, se habrán producido Q 6,212,750.20.

Cuadro 84. Proyección de ingresos totales anuales.

Año	Ingresos por tarifa de extracción de basura (Q.)	Ingresos anuales por reciclaje de residuos inorgánicos (Q.)	Ingresos anuales por lombricompost (Q.)	Total (Q.)
1	997,200.00	301,317.60	1,811,116.80	3,109,634.40
2	1,029,960.00	313,028.00	1,881,504.00	3,224,492.00
3	1,063,800.00	325,188.80	1,954,598.40	3,343,587.20
4	1,098,720.00	337,800.00	2,030,400.00	3,466,920.00
5	1,134,720.00	350,974.20	2,109,585.60	3,595,279.80
6	1,171,800.00	364,711.40	2,192,155.20	3,728,666.60
7	1,210,320.00	378,899.00	2,277,432.00	3,866,651.00
8	1,249,920.00	393,649.60	2,366,092.80	4,009,662.40
9	1,291,320.00	408,963.20	2,458,137.60	4,158,420.80
10	1,333,800.00	424,952.40	2,554,243.20	4,312,995.60
11	1,377,720.00	441,504.60	2,653,732.80	4,472,957.40
12	1,423,080.00	458,732.40	2,757,283.20	4,639,095.60
13	1,469,880.00	476,635.80	2,864,894.40	4,811,410.20
14	1,518,120.00	495,214.80	2,976,566.40	4,989,901.20
15	1,568,160.00	514,582.00	3,092,976.00	5,175,718.00
16	1,619,640.00	534,624.80	3,213,446.40	5,367,711.20
17	1,673,280.00	555,455.80	3,338,654.40	5,567,390.20
18	1,728,720.00	577,075.00	3,468,600.00	5,774,395.00
19	1,785,960.00	599,595.00	3,603,960.00	5,989,515.00
20	1,845,000.00	623,015.80	3,744,734.40	6,212,750.20

D. Estados financieros

a. Balance general

En el cuadro 85 se muestra el balance general durante los 20 años del plan integrado de manejo de residuos y desechos sólidos.

Cuadro 85. Balance general de 20 años de la planta de tratamiento.

Concepto	Activos (Q.)	Pasivos (Q.)	Capital (Q.)	Pasivo+ Capital (Q.)
0	3,727,902.25	0.00	3,727,902.25	3,727,902.25
1	3,109,634.40	1,300,395.84	1,415,253.44	3,109,634.40
2	3,224,492.00	1,809,238.56	1,415,253.44	3,224,492.00
3	3,343,587.20	1,809,238.56	1,534,348.64	3,343,587.20
4	3,466,920.00	1,809,238.56	1,657,681.44	3,466,920.00
5	3,595,279.80	1,809,238.56	1,786,041.24	3,595,279.80
6	3,728,666.60	1,809,238.56	1,919,428.04	3,728,666.60
7	3,866,651.00	1,809,238.56	2,057,412.44	3,866,651.00
8	4,009,662.40	1,809,238.56	1,809,238.56	4,009,662.40
9	4,158,420.80	1,809,238.56	2,349,182.24	4,158,420.80
10	4,312,995.60	1,809,238.56	2,503,757.04	4,312,995.60
11	4,472,957.40	1,809,238.56	2,663,718.84	4,472,957.40
12	4,639,095.60	1,809,238.56	2,829,857.04	4,639,095.60
13	4,811,410.20	1,809,238.56	3,002,171.64	4,811,410.20
14	4,989,901.20	1,809,238.56	3,180,662.64	4,989,901.20
15	5,175,718.00	1,809,238.56	3,366,479.44	5,175,718.00
16	5,367,711.20	1,809,238.56	3,558,472.64	5,367,711.20
17	5,567,390.20	1,809,238.56	3,758,151.64	5,567,390.20
18	5,774,395.00	1,809,238.56	4,180,276.44	5,774,395.00
19	5,989,515.00	1,809,238.56	4,180,276.44	5,989,515.00
20	6,212,750.20	1,809,238.56	4,403,511.64	6,212,750.20

b. Estado de resultados

En el cuadro 86 se muestra el estado de resultados durante los 20 años del proyecto.

Cuadro 86. Estado de resultados de 20 años de la planta de tratamiento.

Concepto/ descripción	Ingresos por venta	Costos variables	Utilidades Brutas	Costos fijos	Costos de operación del tren de aseo	Costos de operación de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos	Costos salariales	Costos por servicios	Costos de producción	Costos por prevención, mitigación y control	Utilidades Operativas	Intereses	Utilidades antes de impuestos	ISR (25%)	Utilidades Netas
0															
1	Q 3,109,634.40		Q3,109,634.40	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q1,300,395.84		Q 1,300,395.84	Q 325,098.96	Q 975,296.88
2	Q 3,224,492.00		Q3,224,492.00	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q1,415,253.44		Q 1,415,253.44	Q 353,813.36	Q 1,061,440.08
3	Q 3,343,587.20		Q3,343,587.20	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q1,534,348.64		Q 1,534,348.64	Q 383,587.16	Q 1,150,761.48
4	Q 3,466,920.00		Q3,466,920.00	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q1,657,681.44		Q 1,657,681.44	Q 414,420.36	Q 1,243,261.08
5	Q 3,595,279.80		Q3,595,279.80	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q1,786,041.24		Q 1,786,041.24	Q 446,510.31	Q 1,339,530.93
6	Q 3,728,666.60		Q3,728,666.60	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q1,919,428.04		Q 1,919,428.04	Q 479,857.01	Q 1,439,571.03
7	Q 3,866,651.00		Q3,866,651.00	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q2,057,412.44		Q 2,057,412.44	Q 514,353.11	Q 1,543,059.33
8	Q 4,009,662.40		Q4,009,662.40	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q2,200,423.84		Q 2,200,423.84	Q 550,105.96	Q 1,650,317.88
9	Q 4,158,420.80		Q4,158,420.80	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q2,349,182.24		Q 2,349,182.24	Q 587,295.56	Q 1,761,886.68
10	Q 4,312,995.60		Q4,312,995.60	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q2,503,757.04		Q 2,503,757.04	Q 625,939.26	Q 1,877,817.78
11	Q 4,472,957.40		Q4,472,957.40	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q2,663,718.84		Q 2,663,718.84	Q 665,929.71	Q 1,997,789.13
12	Q 4,639,095.60		Q4,639,095.60	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q2,829,857.04		Q 2,829,857.04	Q 707,464.26	Q 2,122,392.78
13	Q 4,811,410.20		Q4,811,410.20	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q3,002,171.64		Q 3,002,171.64	Q 750,542.91	Q 2,251,628.73
14	Q 4,989,901.20		Q4,989,901.20	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q3,180,662.64		Q 3,180,662.64	Q 795,165.66	Q 2,385,496.98
15	Q 5,175,718.00		Q5,175,718.00	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q3,366,479.44		Q 3,366,479.44	Q 841,619.86	Q 2,524,859.58
16	Q 5,367,711.20		Q5,367,711.20	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q3,558,472.64		Q 3,558,472.64	Q 889,618.16	Q 2,668,854.48
17	Q 5,567,390.20		Q5,567,390.20	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q3,758,151.64		Q 3,758,151.64	Q 939,537.91	Q 2,818,613.73
18	Q 5,774,395.00		Q5,774,395.00	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q3,965,156.44		Q 3,965,156.44	Q 991,289.11	Q 2,973,867.33
19	Q 5,989,515.00		Q5,989,515.00	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q4,180,276.44		Q 4,180,276.44	Q 1,045,069.11	Q 3,135,207.33
20	Q 6,212,750.20		Q6,212,750.20	Q1,809,238.56	Q 64,516.00	Q 37,260.00	Q 1,614,983.90	Q26,304.66	Q45,226.00	Q 20,948.00	Q4,403,511.64		Q 4,403,511.64	Q 1,100,877.91	Q 3,302,633.73

c. Flujo de caja

En el cuadro 87 se muestra el flujo de caja con los ingresos y egresos de la planta de tratamiento.

Cuadro 87. Flujo de caja de 20 años de la planta de tratamiento.

Concepto/ descripción	Utilidades netas (Q.)	Inversión (Q.)	Flujo de caja (Q.)
0		3,727,902.25	3,727,902.25
1	975,296.88		975,296.88
2	1,061,440.08		1,061,440.08
3	1,150,761.48		1,150,761.48
4	1,243,261.08		1,243,261.08
5	1,339,530.93		1,339,530.93
6	1,439,571.03		1,439,571.03
7	1,543,059.33		1,543,059.33
8	1,650,317.88		1,650,317.88
9	1,761,886.68		1,761,886.68
10	1,877,817.78		1,877,817.78
11	1,997,789.13		1,997,789.13
12	2,122,392.78		2,122,392.78
13	2,251,628.73		2,251,628.73
14	2,385,496.98		2,385,496.98
15	2,524,859.58		2,524,859.58
16	2,668,854.48		2,668,854.48
17	2,818,613.73		2,818,613.73
18	2,973,867.33		2,973,867.33
19	3,135,207.33		3,135,207.33
20	3,302,633.73		3,302,633.73

E. Indicadores financieros

a. Relación beneficio costo

La relación beneficio costo del proyecto se muestra en el cuadro 88.

Cuadro 88. Relación beneficio de 20 años de la planta de tratamiento.

Concepto/ descripción	Beneficio/costo (Q.)
0	
1	0.54
2	0.59
3	0.64
4	0.69
5	0.74
6	0.80
7	0.85
8	0.91
9	0.97
10	1.04
11	1.10
12	1.17
13	1.24
14	1.32
15	1.40
16	1.48
17	1.56
18	1.64
19	1.73
20	1.83

El proyecto es viable hasta el año 10 donde los resultados comienzan a ser mayores que 1. Esto se debe a que los costos de inversión de la planta de tratamiento son elevados al igual

que los costos de operación y es hasta el año 10 donde los ingresos de la planta ya han sido suficientes para superar estos costos.

b. Rentabilidad

La rentabilidad del proyecto a lo largo de 20 años se muestra en el cuadro 89.

Cuadro 89. Rentabilidad de 20 años de la planta de tratamiento.

Concepto/ descripción	Rentabilidad (Q.)
0	
1	53.91
2	58.67
3	63.60
4	68.72
5	74.04
6	79.57
7	85.29
8	91.22
9	97.38
10	103.79
11	110.42
12	117.31
13	24.45
14	131.85
15	139.55
16	147.51
17	155.79
18	164.37
19	173.29
20	182.54

La rentabilidad económica compara el resultado que se ha obtenido con el desarrollo de la actividad de la planta de tratamiento, con las inversiones que se han de realizar para obtener

dicho resultado. Esto quiere decir que por cada Q.100.00 invertidos, la planta de tratamiento ganará en el primer año Q. 53.91 y así sucesivamente para los siguientes 20 años.

c. Valor actual neto

El valor actual neto a lo largo de 20 años del proyecto, se muestra en el cuadro 90.

Cuadro 90. Valor actual neto de 20 años de la planta de tratamiento.

Concepto/ descripción	Flujo de caja (Q.)	VAN (Q.)	K (15 %)
0	- 3,727,902.25		
1	975,296.88	848,084.24	
2	1,061,440.08	802,601.19	
3	1,150,761.48	756,644.35	
4	1,243,261.08	710,838.56	
5	1,339,530.93	665,983.61	
6	1,439,571.03	622,366.28	
7	1,543,059.33	580,093.16	
8	1,650,317.88	539,491.84	
9	1,761,886.68	500,838.16	
10	1,877,817.78	464,167.84	
11	1,997,789.13	429,411.23	
12	2,122,392.78	396,690.39	
13	2,251,628.73	365,952.62	
14	2,385,496.98	337,139.09	
15	2,524,859.58	310,291.32	
16	2,668,854.48	285,206.52	
17	2,818,613.73	261,922.18	
18	2,973,867.33	240,303.70	
19	3,135,207.33	220,296.35	
20	3,302,633.73	201,791.84	VAN
TOTAL	9,540,114.47		5,812,212.22

Para cada año se utilizó la fórmula $VAN = \frac{Qn}{[(1+K)^n]}$, donde Qn es el flujo de caja del año, K es la tasa de descuento seleccionada (15 %) y n es el año.

Para determinar el VAN de la empresa se utilizó la siguiente fórmula: $VAN = TOTAL - 0$, donde "total" se refiere a la sumatoria de los 20 años del valor estimado, y 0 es el desembolso inicial, de lo que se determinó que para el proyecto $VAN = Q. 9,540,114.47 - Q. 3,727,902.25 = Q. 5,812,212.22$.

Según este indicador, la planta de tratamiento es viable económicamente ya que los valores obtenidos son mayores que cero. Esto quiere decir que el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión, es mayor a la tasa de descuento elegida, en el proyecto se estableció un k de 15 %. Esto es así debido a que es la tasa aproximada que el sistema bancario solicita por la cartera de créditos (promedio de servicios comunales, sociales y personales, y agricultura, ganadería silvicultura, casa y pesca), de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos y el tren de aseo, generará beneficios.

d. Tasa de interés de retorno

La tasa de interés de retorno del proyecto se determinó cuando el valor del VAN se volvió "0", por lo que se utilizó la fórmula: $0 (VAN) = -0 + \frac{Q1}{[(1+K)^1]} + \frac{Q2}{[(1+K)^2]} + \frac{Qn}{[(1+K)^n]}$. Donde -0 es el desembolso inicial negativo.

Qn es el flujo de caja del año, K es la tasa de interés de retorno (TIR) y n es el año, despejando el valor de K .

En el proyecto la tasa de interés de retorno es de 33.57 %. Esto quiere decir que, en este caso, la tasa de descuento que hace 0 el VAN es de "33.57 %" por lo que se acepta el proyecto ya que es una tasa alta, y es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

6. CONCLUSIONES

1. En el municipio de San Rafael Las Flores, en su producción de residuos y desechos sólidos a nivel domiciliario, sobresalen los desechos orgánicos compostables con un 47 %, le siguen los desechos sanitarios con un 8 %, así como plásticos (excluyendo el PET) igualmente con el 8 %. Se determinó que la producción per cápita sobrepasa la media nacional, con un 0.58 kg/persona/día en el estrato domiciliario mientras que en el estrato comercial es de 3.44 kg/comercio/día. La densidad para el estrato domiciliario es de 495 kg/m³ y para el estrato comercial es de 397 kg/m³, ya que en los domicilios el tipo de desecho que predomina con un 47 % es orgánico (el cual es más compactable) y en los comercios el cartón, papel, aluminio y los residuos no tan compactables representan los porcentajes más altos.
2. Se propone un plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos comunes para el municipio de San Rafael Las Flores donde se aumente el involucramiento y la participación ciudadana, ya que la etapa de segregación desde la fuente hace posible que todas las demás etapas puedan desarrollarse eficientemente. De igual forma se propone el pago por el servicio de recolección por el tren de aseo municipal para que el proyecto sea sostenible. Además de eso es necesaria la construcción de infraestructura adecuada y regulada para el proceso de disposición final como para el tratamiento de los residuos.
3. El estudio de prefactibilidad de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Rafael Las Flores incluyó 5 estudios que fueron el estudio de mercado, estudio técnico, estudio administrativo legal, estudio ambiental y el estudio financiero. Estos estudios demostraron que es un proyecto necesario para el crecimiento y desarrollo sostenible de los habitantes, así como la preservación del medio ambiente. De igual forma se determinó que el proyecto tiene una demanda potencial debido al crecimiento poblacional y de la generación de los desechos sólidos. Debido a los costos de construcción y operación este proyecto será viable a partir de los 10 años.

7. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio técnico previo al inicio del proyecto que evalúe las condiciones biofísicas del área para la correcta toma de decisiones, especialmente los factores que corren mayor riesgo de impacto ambiental (agua, suelo, aire).
2. Realizar programas de sensibilización y capacitaciones constantes para dar a conocer el plan y lo que se espera de la población. Esto debido a que el factor principal que hará posible que el plan de gestión integral de los residuos y desechos sólidos funcione es la participación ciudadana.
3. Crear un marco legal local que defina los procesos a realizar dentro del plan, así como delegar responsabilidades a todos los involucrados y penalizaciones a quienes infrinjan las normas establecidas.
4. Establecer una cuota obligatoria por el servicio de recolección a los habitantes del municipio. Debido a que ser el servicio de recolección el costo más alto en el plan, este no es viable únicamente con los recursos de la municipalidad. Así el plan podrá operar óptimamente y la recolección puede darse en todas las viviendas.
5. Dar seguimiento a la propuesta planteada y adecuarla a las necesidades y condiciones del área para la realización del proyecto y cumplir con los requerimientos legales que se le exigen a la municipalidad, acerca del tratamiento de los desechos sólidos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, G., Rossin, A., & Teixeira, P. F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe*. Obtenido de Washington, D.C., Estados Unidos: Banco Interamericano de Desarrollo (BID): <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Diagn%C3%B3stico-de-la-situaci%C3%B3n-del-manejo-de-residuos-s%C3%B3lidos-municipales-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Alvarado Chay, E. 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*. Obtenido de (Tesis Ing. Ind., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2170_IN.pdf
- Ángel Enríquez, T. A. (2009). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Obtenido de (Tesis Ing. Civ., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2995_C.pdf
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2010). *Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010*. Costa Rica: Organización Panamericana de la Salud (OPS) / Banco Interamericano de Desarrollo (BID) / Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS).
- Bautista, J. (2010). *Gestión de residuos sólidos: Manejando adecuadamente nuestros residuos*. Perú: Soluciones Prácticas.
- Blas Hale, L. (2017). *Propuesta de un Manejo Integral de los Desechos Sólidos, Diagnóstico y Servicios en el Municipio de San Lucas Sacatepéquez, del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala, C.A.* Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8867/1/LEEA%20BLAS%20HALE.pdf>
- Careaga, J. (1993). *Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes*. México: SEDESOL.
- Castellón, Hello. (2009). *Plásticos oxo-biodegradables vs. plásticos biodegradables: ¿Cuál es el camino?* Obtenido de Venezuela: Corporación Americana de

Resinas, CORAMER: http://files.udesperosos.webnode.es/200000042-df18fe0252/1_HELLO_CASTELLON.pdf

Castillo Alvarado, H. A. (2012). *Diseño de una planta de tratamiento de desechos sólidos y plan de contingencia para el relleno sanitario El Choconal, municipio de La Antigua Guatemala, Sacatepéquez*. Obtenido de (Tesis Ing. Ind., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2648_IN.pdf

Castillo Pazmiño, M. (2012a). *Consulta para la realización de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables domésticos para el distrito metropolitano de Quito*. Obtenido de Quito, Ecuador: Secretaría de Ambiente / Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EMASEO): <https://manualzz.com/doc/5388448/caracterizaci%C3%B3n-de-los-residuos>

Castillo Pazmiño, M. (2012b). *Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos domésticos y asimilables domésticos para el distrito metropolitano de Quito*. Obtenido de Quito, Perú: Secretaria de Ambiente: http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion_residuos.pdf

Cerrato Licon, E. (2006). *Gestión integral de residuos sólidos*. Obtenido de Honolulu, Hawaii: Atlantic International University: <http://aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/EDILFREDO%20CERRATO%20LICONA.doc>

Chung, A. I. (2002). *Manejo de residuos sólidos mediante segregación en la Fuente en Lima Cercado*. Obtenido de Industrial Data, 5(1), 8-14: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v05_n1/residuo.htm

Consortio Provisional Residuos Sólidos Urbanos Málaga, España. (2020). *Residuos orgánicos*. Obtenido de Málaga, España: Consortio Provisional Residuos Sólidos Urbanos Málaga: <http://www.consortiorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>

Cortón, E. (2006). *Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: Las técnicas de biorremediación*. Obtenido de Ecosistemas, 15(3), 148-157:

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/499/476>

Cosogua Lapoyeu, C. D. (2018). *Caracterización de los residuos y desechos sólidos de la aldea Guineales, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá*. Obtenido de (Tesis

- Ing. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Sur Occidente, Ingeniería en Gestión Ambiental Local: Mazatenango, Guatemala):
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/8828/1/TRABAJO%20DE%20GRADUACION%20C3%93N.pdf>
- Cuevas, K. (2017). *El plástico tarda miles de años en descomponerse*. Obtenido de Televisa News, México, mayo 25: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/el-plastico-tarda-miles-anos-descomponerse/>
- DANE Información para Todos. (2020). *Cuenta satélite ambiental (CSA) Indicadores*. Obtenido de Bogotá, Colombia: DANE: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-satelite/cuenta-satelite-ambiental-csa/cuenta-satelite-ambiental-csa-indicadores#indicadores-cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales-cuenta-de-residuos-solidos>
- Di Paola, M. M., & Vicién, C. (2010). *Biorremediación: Vinculaciones entre investigación, desarrollo y legislación*. Obtenido de Buenos Aires, Argentina: Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR) / Concejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET): <http://www.ceur-conicet.gov.ar/archivos/publicaciones/Biorremediacion2.pdf>
- Duarte Díaz, F. A. (2008). *Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio la Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario*. Obtenido de (Tesis Ing. Civ., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3031_C.pdf
- ECOLEC Fundación, España. (2018). *Tratamiento de residuos*. Obtenido de España: ECOLEC: <https://www.ecolec.es/informacion-y-recursos/tratamiento-de-residuos/>
- Enciclopedia Colaborativa en la Red Cubana, Cuba (EcuRed). (2010). *Residuales líquidos*. Obtenido de Cuba: EcuRed: https://www.ecured.cu/Residuales_L%C3%ADquidos
- FAO, Ecuador. (2003). *Título v: Reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos*. Obtenido de Libro vi: De la contaminación ambiental. Ecuador: FAO: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112153.pdf>
- Figueroa Bustos, M. (2008). *Descripción de las etapas de almacenamiento recolección y transporte de los residuos sólidos en el sistema de aseo urbano*

en el municipio de Chinu-Córdoba. Obtenido de (Tesis Ing. Civ., Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería: Córdoba, Argentina): <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/297/2/628.44F475.pdf>

Flores Gómez, M. E. (2012). *Plan de construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos en la Parroquia Atahualpa, cantón Quito, providencia de Pichincha*. Obtenido de (Tesis Lic. Econ., Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador): <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/919/1/T-UCE-0005-147.pdf>

Fortalecimiento de Capacidad Institucional en Manejo de Residuos Sólidos, República Dominicana (FOCIMIRS). (2017). *Manual de caracterización y proyección de los residuos sólidos municipales*. Obtenido de República Dominicana: Ministerio de Ambiente / Fortalecimiento de Capacidad Institucional en Manejo de Residuos Sólidos / Agencia de Cooperación Internacional Japonesa: <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/02-Characterizaci%C3%B3n-de-RSM.pdf>

Fraume Restrepo, N. J. (2007). *Diccionario ambiental*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.

Galvez Guerra de Chenal, H. (2018). *Manejo integral de desechos sólidos caso: Barrio La Democracia, ciudad de Jutiapa*. Obtenido de (Tesis Mag. Dis., Plan y Manejo. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_4989.pdf

Garbisu, C. A. (2002). *Biorremediación y ecología*. Obtenido de Ecosistemas; Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, 11(3): <https://pdfs.semanticscholar.org/dca2/3e9511e96b7c88bba8555c8a7a049f49ed8f.pdf>

Gasteiz, V. (2016). *Análisis de ciclo de vida de una lata de aluminio*. Obtenido de Lejona, España: Universidad del País Vasco, Facultad de Economía y Empresa: <http://www.vc.ehu.es/mirenartaraz/ACV%20lata%20de%20aluminio.pdf>

Generalitat Valenciana, España. (2008). *Residuos agropecuarios*. Valencia, España: Generalitat Valenciana.

Giraldo, E. (2016). *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: Avances recientes*.

Obtenido de Revista de Ingeniería, 48(14), 44-56: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/538>

- Hernández Sumba, H. R. (2013). *Manejo sustentable de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos reciclables en la Parroquia Crucita del Cantón Portoviejo*. Obtenido de (Tesis MSc., Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales: Guayaquil, Ecuador): <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3173/1/TESIS%20RENATO%20HERNA NDEZ%20SUMBA.pdf>
- Herrera-Murillo, J., Rojas-Marín, J. F., & Anchía-Leitón, D. (2016). *Tasas de generación y caracterización de residuos sólidos ordinarios en cuatro municipios del área metropolitana de Costa Rica*. Obtenido de Revista Geográfica de América Central, 2(57), 235-260:
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/8902>
- IndustriAmbiente, España. (2020). *Residuos gaseosos*. Obtenido de España: IndustriAmbiente: <https://www.industriambiente.com/residuos-gaseosos>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México (INECC). (2007). *Manejo integral de los residuos sólidos*. Obtenido de México: INECC: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/133/manejo.html>
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales: Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones*. Obtenido de Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente / Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. (OPS/CEPIS/PUB/02.93): http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=293
- López López, M. A. (2017). *Caracterización y propuesta de manejo de desechos sólidos, diagnóstico y servicios en la cabecera municipal de Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala, C. A*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8061/1/Tesis.pdf>
- Martínez Tuna, M. (2003). *Diagnóstico de la inversión que el estado hace en ambientes y manejo de recursos naturales*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Instituto de Incidencia Ambiental.
- Medina, M. (1997). *Manejo de desechos sólidos y desarrollo sustentable*. Obtenido de Económicas CUC, 25(1), 59-71: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6634755.pdf>
- Mejía García, A. I. (2017). *Plan de manejo integral de los residuos sólidos orgánicos en el mercado La Parroquia, ciudad de Guatemala*. Obtenido de (Tesis Ing.

Agr., Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas: Guatemala):
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/15/Mejia-Alejandra.pdf>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN). (2015). *Acuerdo gubernativo 281-2015: Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN). (2018). *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*. Obtenido de Guatemala: MARN: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13196.pdf>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala (MARN). (2016). *Informe ambiental del estado 2016- Guatemala*. Obtenido de Guatemala: MARN: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/8879.pdf>

Ministerio de Ambiente, Perú. (2015). *Guía metodológica para el desarrollo del plan de manejo de residuos sólidos*. Obtenido de Quito, Perú: Ministerio de Ambiente: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302183324.pdf>

Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Colombia (MDE). (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS - 2000*. Obtenido de Bogotá, Colombia: MDE:
<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana (MMARNRD). (2017). *Manual de caracterización y proyección de los residuos sólidos municipales*. Obtenido de Santo Domingo: MMARNRD: <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/02-Caracterizaci%C3%B3n-de-RSM.pdf>

Molina Gordón, J. A. (2018). *Manejo de residuos y desechos sólidos generados en comunidad "La Reina", aldea El Rodeo, Escuintla*. Obtenido de (Tesis Ing. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente, Ingeniería en Gestión Ambiental Local: Escuintla, Guatemala):
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/10292/1/22%20tg%28887%29IGAL.pdf>

ONU-Hábitat. (2012). *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012 rumbo a una nueva transición urbana*. USA: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos.

- Orccosupa Rivera, J. (2002). *Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y factores socioeconómicos*. Obtenido de (Tesis Mag. Gest. Plan. Amb., Universidad de Chile, Programa Cybertesis: Chile): http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/110852/index_5278.html?sequence=1&isAllowed=y
- Perez, J., Espinel, J., Ocampo, A., & Londoño. (2001). *Dioxinas en proceso de incineración de desechos*. Obtenido de DYNA 134:65-75: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Londono_G/publication/237217692_DI_OXINAS_EN_PROCESOS_DE_INCINERACION_DE_DESECHOS/links/54dba7170cf2a7769d921ebf/DIOXINAS-EN-PROCESOS-DE-INCINERACION-DE-DESECHOS.pdf
- Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Suiza (PNUMA). (2005). *Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberación de dioxinas y furanos*. Obtenido de Ginebra , Suiza: PNUMA: http://chm.pops.int/Portals/0/docs/from_old_website/documents/guidance/toolkit/sp/Toolkit_2005es.pdf
- Rondón Toro, E., Narea Szanto, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina (CEPAL) / Ministerio de Desarrollo Social. (Manuales de la CEPAL no. 2).
- Runfola, J., & Gallardo, A. (2009). *Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas*. Obtenido de Barranquilla, Colombia: II Simposio Iberoamericano II Simposio Iberoamericano I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos: <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/GestionYPoliticaAmbiental/An%C3%A1lisis%20comparativo%20de%20los%20diferentes%20m%C3%A9todos%20de%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20urbanos%20para%20su%20recolecci%C3%B3n%20selectiva%20en%20comunidades%20urbanas>
- Runfola, J., Ron, Y., & Matos, F. (2008). *Diagnóstico de los desechos sólidos generados en la comunidad del programa agenda Plátano, para el diseño de un sistema piloto de manejo integral en pequeñas comunidades*. Obtenido de

I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Mérida, Venezuela:
 REDISA 2008: <http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A32.pdf>

Sabillón, M., & Chacón, P. U. (2010). *Estudio de cuantificación y caracterización de los residuos sólidos ordinarios de tipo domiciliar y comercial del distrito Quezada, San Carlos*. Obtenido de Quesada, Costa Rica: Departamento de Gestión Ambiental / CYMA / Cooperación Alemania-Cosa Rica / CEGESTI: <https://www.munisc.go.cr/documentos/Secciones/18/Estudio%20de%20cuantificaci>

<https://www.munisc.go.cr/documentos/Secciones/18/Estudio%20de%20cuantificaci>
 %C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20Residuos%20S%C3%B3lidos%20en%20San%20Carlos..pdf

Sáez, A., & Urdaneta G., J. A. (2014). *Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Omnia, 20(3), 121-135: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

Sakurai, K. (1983). *Aspectos básicos del servicio de aseo: Análisis de residuos sólidos municipales*. Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2015). *Guía para la formulación de políticas públicas*. Obtenido de Guatemala: SEGEPLAN:

<http://www.segeplan.gob.gt/downloads/2015/PoliticasyPublicas/GpFPP.pdf>

Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2018). *Plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial San Rafael Las Flores, Santa Rosa 2011-2025*. Guatemala: SEGEPLAN.

Santo, M., Muños Jofre, J., Calvo Redruejo, F., Zepeda, F., Cantanhede, A., Acurio, G., & Civallero, T. (2016). *Gestión integral de residuos sólidos municipales e impacto ambiental*. Obtenido de Chile: Universidad Nacional de Córdoba, Departamento de Educación a Distancia / CEPAL-ILPES / OPS: https://www.researchgate.net/profile/Marcel_Szanto/publication/33550890_Gestion_integral_de_residuos_solidos_municipales_e_impacto_ambiental/links/5759b01d08ae9a9c954f2378/Gestion-integral-de-residuos-solidos-municipales-e-impacto-ambiental.pdf

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*.

Madrid: McGraw-Hill.

- Tchobanoglous, G., Theissen., H., & Eliassen, R. (1982). *Desechos sólidos principios de ingeniería y administración*. Obtenido de Mérida, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Serie Ambiente y Recursos Naturales Renovables, AR-16: <https://es.scribd.com/document/357791899/Chocolombia-George-Tchobanoglous-Hilary-Theissen-Rolf-Eliassen-Desechos-solidos-principios-de-ingenieria-y-administracion-1982-pdf>
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Colombia (UAESP). (2011). *Caracterización de los residuos sólidos de establecimientos comerciales, pequeños productores, generados en la ciudad de Bogotá D.C.-2011*. Obtenido de Bogotá, Colombia: UAESP: http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/documentos/Caracterizacion/comercial_0_2-29-2012.pdf
- Universidad de las Américas Puebla; México (UDLAP). (2010). *Reciclar es fácil, solo tiene que separar*. Obtenido de Puebla, México: UDLAP: https://www.udlap.mx/conocelaudlap/files/20110722_residuos.pdf
- Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. (2018). *Memorias del evento XI Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*. Obtenido de Cajicá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20051/Memorias%20Simposio%202018.pdf?sequence=3>
- Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala (IARNA); Universidad Rafael Landívar, Instituto de Investigaciones y Gerencia Política, Guatemala (INGEP). (2009). *Gestión ambiental y gobernabilidad local*. Obtenido de Guatemala: Universidad Rafael Landívar: <http://www.infoiarna.org.gt/wp-content/uploads/2017/11/Coedicion14.Gestinambientalygovernabilidadlocal.pdf>
- Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, México (UTCV). (2013). *Manual técnico de información para el reciclaje de residuos sólidos domésticos*. Obtenido de México: UCTV: <http://reini.utcv.edu.mx/bitstream/123456789/829/1/MANUAL%20T%C3%89CNICO%20FAMILIAS.pdf>
- USAID. (2017). *Diagnóstico de la situación de la generación y manejo de los desechos sólidos en los municipios de la Asociación de Desarrollo Integral*

de *Municipalidad del Altiplano Marquense - ADIMAN-*. Obtenido de Quetzaltenango, Guatemala: Nexos Locales: https://nexoslocales.com/wp-content/uploads/2017/12/Diagn%C3%B3stico-ADIMAM_sb.pdf

Valenzuela Asencio, C. (2018). *Propuesta de manejo de desechos Sólidos en el área urbana de El Progreso, Jutiapa*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas: Guatemala: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/03/Valenzuela-Licda.pdf>

Velázquez Patiño, A. C. (2007). *La gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Hannover: un modelo exitoso*. Obtenido de Anales de Geografía, 28(1), 163-177: <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/viewFile/AGUC0808110163A/30865>

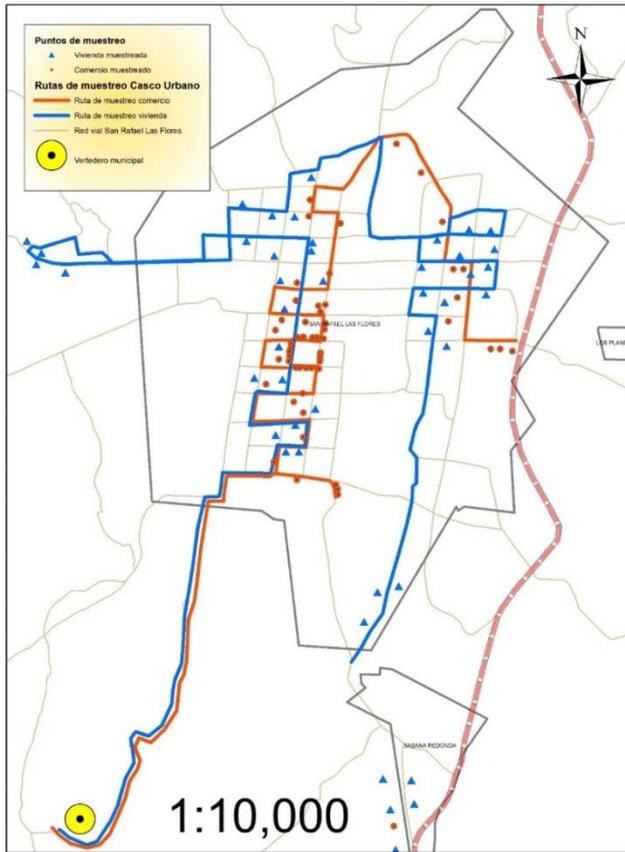
Villena Chávez, J. (1994). *Guía para la caracterización y análisis de los residuos sólidos generados en centros de atención de salud*. Lima , Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Zamora Arenales, J. W. (2013). *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango*. Obtenido de (Tesis Mag. Dis. Plan. Manej. Amb., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3688.pdf



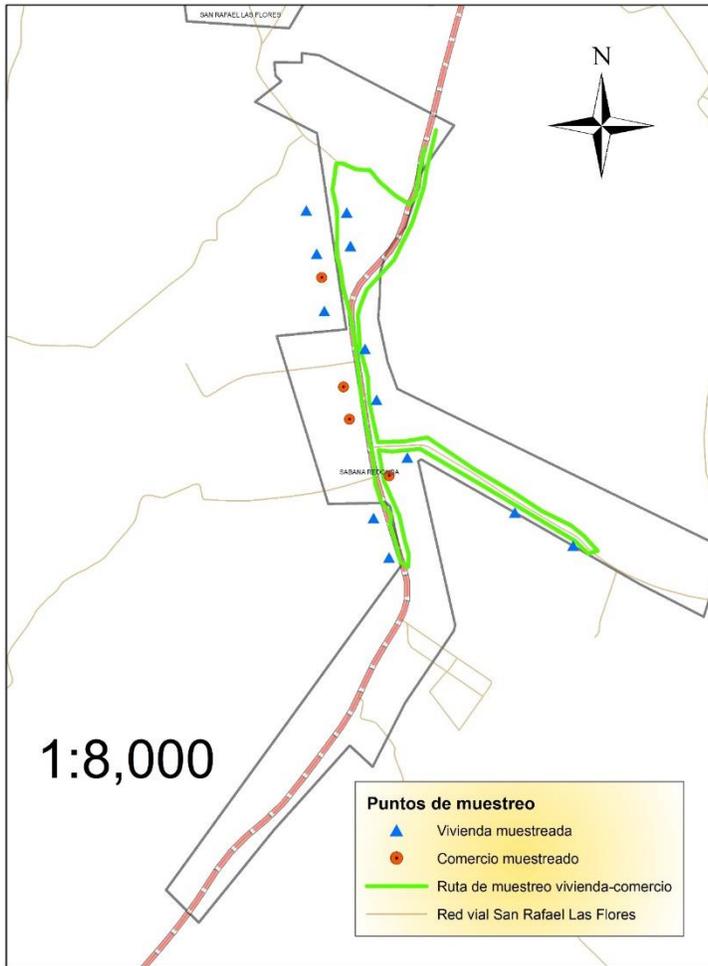
9. ANEXOS

9.1 Rutas del muestreo



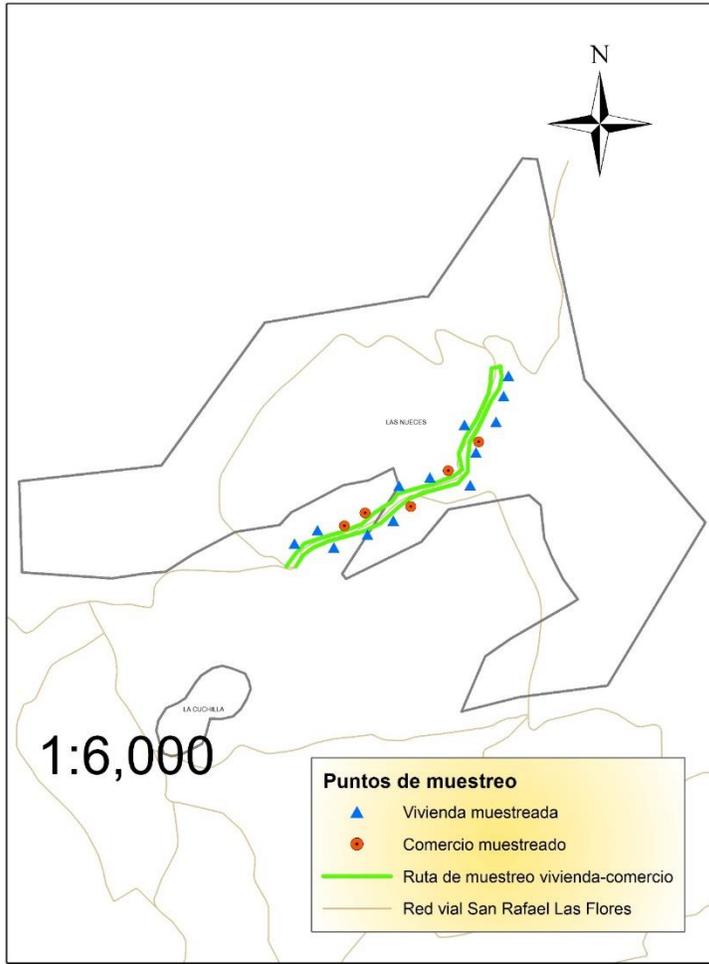
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 23A. Muestreo realizado en el casco urbano.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 24A. Muestreo realizado en Sabana Redonda.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 25A. Muestreo realizado en Las Nueces.

9.2 Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos

ANEXO No. 1

BOLETA DE CAMPO PARA MUESTREO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

1. NOMBRE DEL ENCUESTADOR: Alejandra Díaz

2. LOCALIDAD: Vivienda No. DE MUESTRA: V32

3. ESTRATO SOCIOECONÓMICO: Estrato Alto Estrato Medio Estrato Bajo

4. DATOS DEL DOMICILIO SELECCIONADO:

Calle o avenida: <u>San Rafael</u>	Número Casa: <u>22</u>
Colonia: _____	Municipio: <u>San Rafael Las Flores</u>
Departamento: <u>Santa Rosa</u>	No. de habitantes en la vivienda: <u>V32 3</u>

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

Bolsa plástica Costal Caja de cartón Otro, indique: _____

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

1 por semana 2 por semana 3 por semana Otro, indique: _____

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

Quemar Enterrar Tirar Otro, indique: Quemada

8. ¿QUÉ OPINA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN?

BUENO MALO REGULAR

Fuente: MARN.2016.

Figura 26A. Encuestas pasadas a viviendas y comercios.

9.3 Ruta actual del tren de aseo

Cuadro 91A. Ruta actual del tren de aseo.

Día	Comunidad	Escuelas	Otras instituciones	Restaurantes
Lunes 5 camionadas	Área Urbana	E.O.U.M. María Victoria Toledo Leiva, Escuela de Párvulos, Instituto INEB,	Iglesia Católica, Centro de salud, Supervisión educativa, Laboratorio YEFRAM	Delicias las Margaritas, Pollolandia, Restaurante Yanis, La Mojarra Feliz, Verdulería y comedor de René Muñoz, Verdulería el Volcán, Restaurante doña Licha, Restaurante la carreta, Chicharronera de Cesar Pozuelos, La Mojarra Feliz, restaurante Enma Licia, comedor de Esperanza García.
Martes 5 camionadas	Sabana Redonda, Barrio San Antonio, Barrio Oriental, Los Planes	E.O.R.M Sabana Redonda, E.O.R.M Los Planes		
Miércoles	Media Cuesta, San Rafaelito, San Juan Bosco, Estanzuelas, Los Vados,	E.O.R.M Media Cuesta,	Iglesia Católica,	

Día	Comunidad	Escuelas	Otras instituciones	Restaurantes
3 camionadas	Sector los Estradas en Sabana Redonda,	E.O.R.M San Rafaelito, E.O.R.M San Juan Bosco, E.O.R.M Estanzuelas E.O.R.M Los Vados.		
Jueves 2 camionadas	Sabana Redonda, Barrio San Antonio, Los Planes, Barrio Oriental.	E.O.U.M. María Victoria Toledo Leiva, Escuela de Párvulos, Instituto INEB,		

Día	Comunidad	Escuelas	Otras instituciones	Restaurantes
Viernes 5 camionadas	Área Urbana		Iglesia Católica, Centro de salud, Supervisión educativa	Delicias las Margaritas, Pollolandia, Restaurante Yanis, La Mojarra Feliz, Verdulería y comedor de René Muñoz, Verdulería el Volcán, Restaurante doña Licha, Restaurante la carreta, Chicharronera de Cesar Pozuelos, La Mojarra Feliz, restaurante Enma Licia, comedor de Esperanza García.
Limpieza de parque municipal todos los días	Área Urbana			
Limpieza de los cementerios municipales todos los días.	Área Urbana			

Día	Comunidad	Escuelas	Otras instituciones	Restaurantes
Extracción de basura con el carro municipal en comunidades lejanas dentro del municipio	El Chan Grande, El Chanito, El Copante, El Fucio, El Quequexque, La Cuchilla, La Vega, Las Nueces, El Volcancito, El Cielito, Nuevo Amanecer, El Renacimiento, La Ceibita, La Doncellita, La Lagunilla, Las Cortinas, Las Delicias, Caserío Palo Negro.			Se extrae la basura recolectada por el personal de jornal de campo cada 15 días o cuando el encargado de jornal de campo informa.

Fuente: Leiva, 2017.

9.5 Perfiles de los trabajadores dentro del plan integrado de manejo de residuos y desecho sólidos

Cuadro 92A. Perfil del puesto de jefe de producción.

Jefe de producción	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Jefe de producción
Número de plazas:	1
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Técnico-administrativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de planta
Subordinados directos:	Pilotos, recolectores, personal de separación, personal de compostaje, personal de trincheras
c. Propósito del puesto	
Coordinar el tratamiento y la producción de subproductos obtenidos de los desecho sólidos	
d. Funciones generales	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Satisfacer la demanda de los subproductos por parte de las comercializadoras. 2. Capacitación del personal a cargo 3. Velar por la obtención de subproductos de calidad 	
e. Funciones específicas	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Supervisión del proceso del manejo de los desechos sólidos 2. Elaboración de informes estadísticos mensuales de los subproductos obtenidos del proyecto 3. Supervisar la calidad de los subproductos. 	

Jefe de producción	
4. Negociación con las recicladoras	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Ing. Agrónomo Ing. Ambiental Ing. Químico
Conocimientos:	Conocimiento en gestión de proyectos, procesos de biodegradación, desechos sólidos, comercialización de productos legislación ambiental nacional
Experiencia:	3 años de experiencia en gestión de proyectos similares
Características:	Responsable, Capacidad de trabajar bajo presión, Puntual y Liderazgo

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 93A. Perfil del puesto de contador.

Contador	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Contador
Número de plazas:	1
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Administrativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de planta
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Velar por la transparencia y eficiencia de los recursos del proyecto	
d. Funciones generales	
1. Llevar los libros de contabilidad del proyecto 2. Auditar los procesos del proyecto	
e. Funciones específicas	
1. Llevar la contabilidad de los ingresos y egresos financieros del proyecto 2. Elaboración de informes estadísticos mensuales financieros del proyecto 3. Supervisar la eficiencia y eficacia de los procedimientos dentro del proyecto	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Licenciatura en contaduría pública Licenciatura en auditoría
Conocimientos:	Conocimiento en gestión de proyectos y conocimiento en procesos de auditoría pública y privada

Experiencia:	1 año de experiencia en puestos similares
Características:	Responsable, capacidad de trabajar bajo presión, y puntual

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 94A. Perfil del puesto de secretaria.

Secretaria	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Secretaria
Número de plazas:	1
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Administrativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de planta
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Apoyo en los procesos administrativos	
d. Funciones generales	
1. Manejo de documentación interna.	
2. Solución de dudas a personal interno y a todo público acerca del proyecto	
e. Funciones específicas	
1.Llevar el control de los archivos del proyecto	
2.Atender las dudas de los trabajadores en cuanto a salarios, horarios etc	

Continuación cuadro 94A.

<p>3. Atender las dudas acerca del proyecto a la población en general</p> <p>4. Llevar la agenda de las actividades del proyecto</p> <p>5. Atender llamadas telefónicas, así como visitas</p>	
Secretaria	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Secretaria a nivel diversificado
Conocimientos:	Conocimientos intermedios en computación y office, Conocimiento en catalogación y archivo
Experiencia:	1 año de experiencia en puestos similares
Características:	Responsable, puntual, buena presentación y buenas relaciones interpersonales

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 95A. Perfil del puesto de piloto.

Piloto	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Piloto de camión extractor
Número de plazas:	2
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de producción
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Encargado de la operación del tren de aseo	
d. Funciones generales	
1. Conducir el tren de aseo sobre una ruta específica	
e. Funciones específicas	
1. Conducir el tren de aseo de casa en casa para la recolección	
2. Velar por el mantenimiento y reparaciones del camión	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Mínimo 6to primaria, Con licencia tipo A
Conocimientos:	Conocimiento sobre la manipulación correcta de los residuos y desechos sólidos
Experiencia:	No necesaria

Continuación cuadro 95A.

Piloto	
Características:	Responsable, puntual, y buenas relaciones interpersonales

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 96A. Perfil del puesto de recolector.

Recolector	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Recolector de residuos y desechos sólidos
Número de plazas:	4
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de producción
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Manipulación de los residuos y desechos sólidos	
d. Funciones generales	
1. Recolección de todos los residuos y desechos dentro de la ruta	
e. Funciones específicas	
1. Verificación del almacenamiento correcto de los residuos y desechos	
2. Recolección de casa en casa	

Recolector	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Mínimo 6º primaria
Conocimientos:	Conocimiento sobre la manipulación correcta de los residuos y desechos sólidos
Experiencia:	No necesaria

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 97A. Perfil del puesto de separador.

Separador	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Separador de residuos y desechos sólidos
Número de plazas:	5
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de producción
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Identificación del potencial contenido en los residuos sólidos	
d. Funciones generales	
1. Clasificación de los residuos y desechos por su composición	
e. Funciones específicas	
1. Verificación del almacenamiento correcto de los residuos y desechos	

Separador	
2. Separación de los diferentes residuos según su composición y desechar para disposición final los que no tengan ningún valor comercial	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Mínimo 6to primaria
Continuación cuadro 97A. Conocimientos:	Conocimiento sobre la manipulación correcta de los residuos y desechos sólidos
Experiencia:	No necesaria
Características:	Responsable, puntual, y buenas relaciones interpersonales

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 98A. Perfil del puesto del personal a cargo del compost.

Personal a cargo del compost	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Personal a cargo del compost
Número de plazas:	5
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de producción
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	

Personal a cargo del compost	
Tratar los desechos orgánicos para su comercialización	
d. Funciones generales	
1. Realización de compost orgánico por el método de Bocashi	
e. Funciones específicas	
1. Realización de la mezcla de desechos orgánicos	
2. Revolver la mezcla constantemente	
3. Medir la temperatura y el pH de la mezcla constantemente	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Mínimo 6to primaria
Conocimientos:	Conocimiento sobre la manipulación correcta de los residuos y desechos sólidos
Experiencia:	No necesaria
Características:	Responsable, puntual, y buenas relaciones interpersonales

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 99A. Perfil del puesto del personal a cargo de las trincheras.

Personal a cargo de las trincheras	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Personal a cargo de las trincheras
Número de plazas:	4
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de producción
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Organización de la disposición final	
d. Funciones generales	
1. Distribuir de manera eficiente los desechos de la disposición final	
e. Funciones específicas	
1. Distribución de los desechos dentro del relleno sanitario	
2. Elaboración de trincheras	
3. Cubrimiento de los desechos dentro del relleno sanitario	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	Mínimo 6to primaria
Conocimientos:	Conocimiento sobre la manipulación correcta de los residuos y desechos sólidos
Experiencia:	No necesaria

Personal a cargo de las trincheras	
Características:	Responsable, puntual, y buenas relaciones interpersonales

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 100A. Perfil del personal de seguridad.

Seguridad	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Guardia de seguridad
Número de plazas:	1
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Administrativo –operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de planta
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Mantener la seguridad de la planta	
d. Funciones generales	
1. Velar por la seguridad de los bienes materiales de la planta, así como del recurso humano	
2. Llevar el control de todas la personas y vehículos que ingresen a la planta	
e. Funciones específicas	
1. Hacer rondas de seguridad	

Seguridad	
2. Revisión de cámaras de seguridad	
3.Llegar un registro de todas las personas y vehículos que ingresen a la planta	
f. Requisitos del puesto	
Continuación cuadro 100A	
Formación:	Servicio militar o en academia policial pública o privada
Conocimientos:	Manejo de armas y defensa personal
Experiencia:	1 año en puestos similares
Características:	Responsable, puntual, y buenas relaciones interpersonales

Fuente: elaboración propia, 2018.

Cuadro 101A. Perfil del personal de mantenimiento.

Mantenimiento	
a. Identificación del puesto	
Nombre del puesto:	Personal de mantenimiento
Número de plazas:	1
Tipo de contrato:	Anual
Ámbito de operación:	Administrativo –operativo
b. Relación de autoridad	
Jefe inmediato:	Jefe de planta

Mantenimiento	
Subordinados directos:	Ninguno
c. Propósito del puesto	
Mantener las condiciones sanitarias de la administración en óptimas condiciones	
d. Funciones generales	
Continuación cuadro 101A	
1. Aseo del área administrativa	
e. Funciones específicas	
1. Barrer y trapear los pisos del área administrativa	
2. Limpieza de baños administrativos	
3. Limpieza de la cafetería de la planta	
f. Requisitos del puesto	
Formación:	No necesaria
Conocimientos:	Conocimiento en productos de limpieza del hogar
Experiencia:	No necesaria
Características:	Responsable, puntual, y buenas relaciones interpersonales

9.6 Trabajo de campo



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29A. Reunión informativa con actores clave del municipio de San Rafael Las Flores.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30A. Vertedero municipal.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31A. Entrevista a habitantes del municipio.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32A. Recolección diaria de desechos y residuos sólidos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33A. Separación de residuos y desechos sólidos.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34A. Prueba de producción de residuos y desechos sólidos *per cápita*.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35A. Prueba de composición física.



Figura 36A. Prueba de densidad.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA - FAUSAC
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES - IIA



REF. Sem. 04/2021

LA TESIS TITULADA: "CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, GUATEMALA, C.A. Y SU ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADA POR LA ESTUDIANTE: MARÍA ALEJANDRA DÍAZ MONTERROSO

CARNE: 201400551

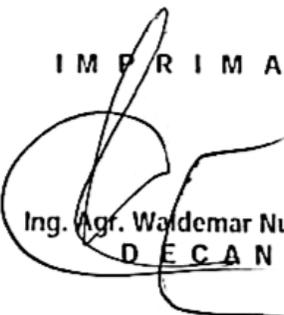
HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Hugo Antonio Tobías
Ing. Agr. Kelder Ortiz

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Mario Alberto Méndez
A S E S O R


Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

IM P R I M A S E


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
D E C A N O


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE AGRONOMIA
DECANO


FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
DIRECCION
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CFLB/nm
c.c. Archivo