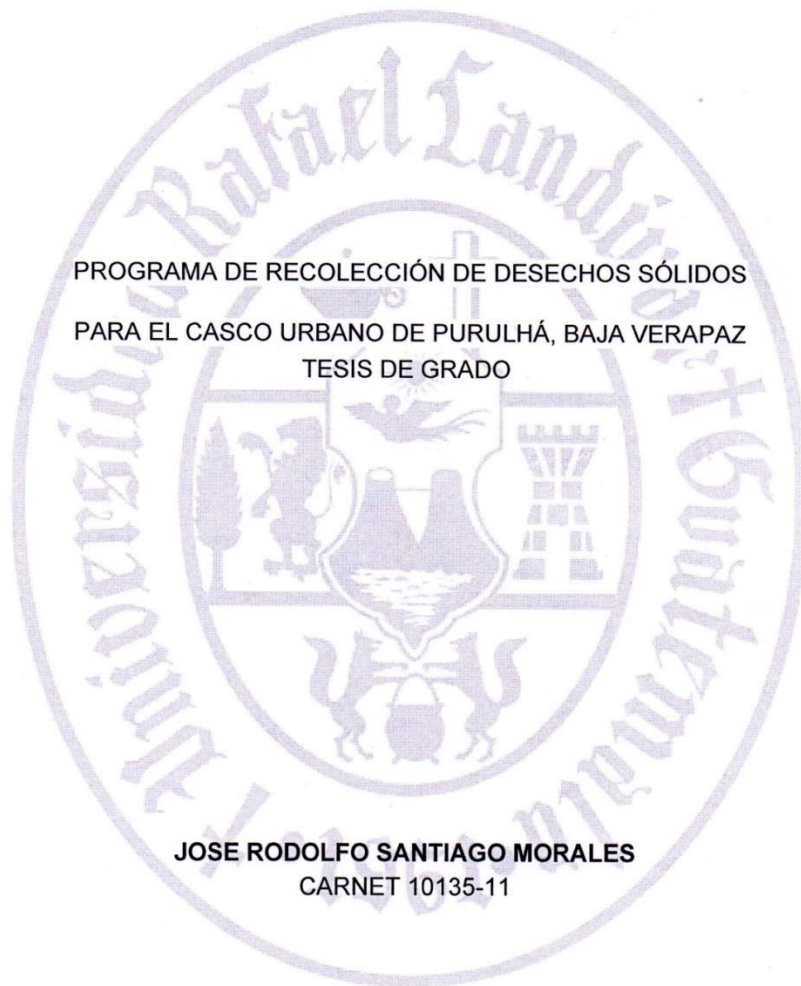


UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL



PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
PARA EL CASCO URBANO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ
TESIS DE GRADO

JOSE RODOLFO SANTIAGO MORALES
CARNET 10135-11

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MARZO DE 2016
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
PARA EL CASCO URBANO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
JOSE RODOLFO SANTIAGO MORALES

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, MARZO DE 2016
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. DANIELA MABEL SANDI INFANTE DE LEMUS

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

ING. MANUEL JOSÉ CASTILLO MAZARIEGOS
ING. STEPHANIE RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala 14 de Marzo de 2016

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el informe final de tesis del estudiante Jose Rodolfo Santiago Morales, quien se identifica con carné 1013511, titulado "**PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS PARA EL CASCO URBANO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ**", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad para ser aprobado.

Atentamente,



Daniela Sandi

Código URL: 21305

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JOSE RODOLFO SANTIAGO MORALES, Carnet 10135-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0624-2016 de fecha 3 de marzo de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
PARA EL CASCO URBANO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de marzo del año 2016.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



ÍNDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Situación actual de los desechos sólidos en el país	3
2.1.2 Composición de los desechos sólidos	4
2.1.3 Manejo de los desechos sólidos en el área urbana de Guatemala	5
2.1.4 Manejo de los desechos sólidos en el área rural de Guatemala	5
2.2 Desechos sólidos	6
2.2.1 Clasificación de desechos sólidos	6
2.2.2 Efectos generados por los desechos sólidos	7
2.3 Manejo integral de los desechos sólidos	10
2.3.1 Generación, recolección, transporte y disposición final	10
2.3.2 Reducción en fuente y reciclaje	14
2.3.3 Basura cero como concepto de manejo integrado de desechos sólidos	15
2.4 La recolección como paso fundamental en los programas de gestión integral de desechos sólidos	16
2.4.1 Importancia	16
2.4.2 Logística de recolección de desechos sólidos	17
2.4.3 Opciones de recolección	17
2.4.4 Operaciones de recolección	19
2.4.5 Tipos de recolección	20
2.4.6 Sistema de recolección, equipo y personal	22
2.4.7 Rutas de recolección	23
2.4.8 Aspectos económicos del sistema de recolección	26
2.4.9 Costos de recolección	26
2.5 Marco legal e institucional en el país	26
2.5.1 Marco legal	27
2.5.2 Marco institucional	28

2.6 Antecedentes	29
2.6.1 Situación actual en el municipio de Purulhá	29
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
3.1 Definición del problema y justificación del trabajo	31
IV. OBJETIVOS	33
4.1 OBJETIVO GENERAL	33
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
V. METODOLOGÍA	34
5.1 Ambiente	34
5.2 Sujetos y unidades de análisis	35
5.3 Tipo de investigación	35
5.4 Instrumentos	36
5.5 Procedimiento	36
5.5.1 Consulta Documental	36
5.5.2 Fases de campo	37
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
6.1 Entrevistas	45
6.2 Encuestas a usuarios	49
6.3 Caracterización de desechos sólidos	56
6.4 Generación per cápita en el casco urbano del municipio de Purulhá	58
6.4.1 Generación total de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Purulhá	59
6.5 Propuesta del sistema de recolección	59
6.6 Diseño de Rutas	61
6.7 Análisis Financiero	66
VII. CONCLUSIONES	70
VIII. RECOMENDACIONES	72
IX. BIBLIOGRAFÍA	73
X. ANEXOS	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Aspectos a tomar en cuenta en la recolección de desechos sólidos	13
Cuadro 2	Clasificación de desechos sólidos y sus categorías	41
Cuadro 3	Detalles del vehículo utilizado para la recolección y transporte de desechos sólidos en Purulhá.	47
Cuadro 4	Resultados de la caracterización de desechos sólidos	57
Cuadro 5	Características de las rutas de recolección	66
Cuadro 6	Costo mensual del mantenimiento del servicio de recolección de desechos, Municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz, 2015.	67
Cuadro 7	Costo mensual de la propuesta de servicio de recolección de desechos para la municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Flujo de materiales y producción de desechos sólidos en una sociedad tecnológica	11
Figura 2	Ubicación del municipio de Purulhá, Baja Verapaz	34
Figura 3	Delimitación del casco urbano del municipio de Purulhá	35
Figura 4	Método de cuarteo para caracterización de desechos sólidos	40
Figura 5	Camión utilizado actualmente para el servicio de recolección de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Purulhá.	46

Figura 6	Persona encargada de la disposición de los desechos sólidos en casa, cualquier miembro de la familia realiza esta tarea de limpieza doméstica.	50
Figura 7	Forma de disposición de desechos sólidos de las personas que no reciben el servicio municipal	51
Figura 8	Frecuencia de la recolección del servicio municipal de las personas que reciben el servicio	52
Figura 9	Manejo de los desechos en casa en caso no se reciba el servicio de recolección municipal	53
Figura 10	Percepción de la calidad del servicio actual que brinda la municipalidad	54
Figura 11	Problemas actuales del servicio de recolección de desechos sólidos municipal que perjudican la calidad del servicio	54
Figura 12	Aspectos a mejorar del servicio de recolección de desechos sólidos que provee la municipalidad	55
Figura 13	Sectorización	62
Figura 14	Propuesta de ruta para el sector 1 del casco urbano del municipio de Purulhá	63
Figura 15	Propuesta de ruta para el sector 2 del casco urbano del municipio de Purulhá	64

PROGRAMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS PARA EL CASCO URBANO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

RESUMEN

Actualmente el municipio de Purulhá cuenta con un sistema de recolección de desechos sólidos empírico y deficiente que conlleva a una serie de impactos en el ambiente y la salud de los pobladores. En ese sentido, se desarrolla el presente trabajo, con el objetivo de crear una propuesta con base técnica, del sistema de recolección. La investigación comenzó con un diagnóstico del sistema actual que consistió en distintas fases de campo, las cuales incluyeron consulta documental, entrevistas a personal, encuestas a la población y observaciones en cuanto a la gestión administrativa, técnica y financiera a nivel municipal. Dentro de los resultados se establece que las principales debilidades son administrativas y financieras. Esto, por la falta de organización y control interno dentro de la municipalidad, lo cual se refleja en un servicio pobre que reciben los usuarios actuales del sistema. Dentro de la investigación también se realizó una caracterización de desechos sólidos con el objetivo de generar datos importantes utilizados para cálculos técnicos, como la sectorización y diseño de rutas. Con esto se determinó que el área de estudio debería ser dividida en dos sectores y cada uno tener una frecuencia de recolección de dos veces por semana. El criterio para la división de sectores fue el número equitativo de viviendas a servir y kilómetros recorridos en cada ruta. Utilizando el programa de cómputo ArcMap, se realizó un análisis de redes para generar la ruta óptima, en cada área. La propuesta tiene como fin optimizar la recolección de desechos sólidos dentro del casco urbano del municipio, para poder brindar un buen servicio, reducir costos, emisiones de gases nocivos a la atmósfera y contribuir al ornato del municipio de Purulhá.

SOLID WASTE RECOLLECTION PROGRAM FOR THE URBAN TOWN CENTER OF PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

SUMMARY

Currently the municipality of Purulhá counts with a deficient and empiric solid waste recollection system which results in a series of environmental impacts and the health of its residents. In that sense, the objective of this research is to create a technical based proposal of the solid waste recollection system. The research began with a diagnosis of the current system which consisted of different field phases, that included documental consulting, interviews to employees and staff, surveys to the residents and observations related to the administrative, technical and financial management at the municipal level. Within the results it is established that the principle weaknesses are financial and administrative. This as a result of the lack of organization and internal control in the municipality, which reflects in a poor service received by the users of the current system. Also in the research, a solid waste characterization was made with the objective to generate important data utilized for the technical calculations, such as sectorization and route design. This was used to determine that the area of study should be divided in two sectors and each one have a recollection frequency of two times per week. The criteria for the division of the sectors was to have an equal number of houses served and kilometers traveled in each route. Using the computer program ArcMap, a network analyst was made to generate the best route in each area. The proposal is intended to optimize the recollection of solid waste in the urban town center of the municipality, to provide a good service, reduce costs, reduce noxious gas emission to the atmosphere and contribute to the embellishment of the municipality of Purulhá.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo económico de las últimas décadas junto con los cambios en patrones de productos de consumo, ha producido problemas serios en la prestación de los servicios públicos principalmente en el tema de manejo de desechos sólidos. En un manejo integral de desechos sólidos domiciliarios y municipales se destaca la importancia de los altos costos de un servicio para la recolección, manejo y transporte de los desechos sólidos (Moreno y Arriaga, 2006).

Guatemala sufre de una debilidad institucional y poca voluntad política en cuanto al tema de manejo de desechos sólidos, los desechos que se generan en las actividades domésticas e industriales constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad. En Guatemala la mayor parte de los desechos sólidos se generan en el área metropolitana, con un porcentaje de recolección del 75%, pero en el área rural el porcentaje de recolección cae a menos del 45% (IARNA, 2009). Esto promueve que la población disponga de sus desechos de una forma inadecuada, como incineración y entierro, o depositándolos en vertederos ilegales, generando de esta manera impactos ambientales adversos en los recursos naturales y en la salud poblacional. A nivel rural la situación es alarmante, ya que en la mayoría de casos no se crean las capacidades propias para el manejo de desechos, sino se depende del apoyo de instituciones externas que al retirarse del área no dan continuidad a sus proyectos. Otro problema referente al manejo deficiente de los desechos se debe a que las municipalidades contemplan proyectos que no son acordes a la realidad ambiental, social, económica e institucional de sus municipios, los cuales no satisfacen las necesidades de la población.

En el municipio de Purulhá, se ha identificado un manejo deficiente de los desechos sólidos, el cual ha generado impactos ambientales y problemática social. La disposición final de los desechos es inadecuada, contamina fuentes hídricas, provoca la alteración de ecosistemas dentro de áreas protegidas y daños en la salud de la población. Esta problemática se debe principalmente a la

deficiencia en la recolección de los desechos generados por las familias dentro del casco urbano. Como parte fundamental de cualquier proyecto de manejo de desechos sólidos el sistema de recolección de los desechos es una de las partes más importantes, ya que es la conexión entre la generación de los desechos y su transferencia para su tratamiento y disposición final. Por esta razón, se desea realizar una propuesta técnica para el sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios para el casco urbano del municipio de Purulhá

La presente propuesta, pretende evaluar el sistema de recolección actual, analizando aspectos esenciales, con el fin de proponer lineamientos técnicos, económicos y operativos que contribuyan a brindar un manejo adecuado de los desechos sólidos desde su generación hasta la transferencia para la disposición final.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación actual de los desechos sólidos en el país

Guatemala sufre de una debilidad institucional y poca voluntad política en cuanto al tema de manejo de desechos sólidos, los residuos que se generan en las actividades domésticas e industriales constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad (IARNA, 2009). Guatemala a nivel nacional en el período de 2006-2010 tuvo una producción promedio de 116.6 millones de toneladas anuales de residuos, de las cuales 17.4 millones de toneladas fueron reutilizadas por la economía guatemalteca (IARNA, 2012). Cabe recalcar que la recolección no necesariamente garantiza una buena disposición de los desechos sólidos. En la mayoría de municipalidades de Guatemala se cuentan únicamente con botaderos a cielo abierto, como método de disposición final, en los cuales los camiones depositan lo recolectado sin brindarle algún tratamiento previo.

En evaluaciones realizadas por el Programa Regional de Manejo de los Desechos Sólidos (PREMADES) se identifica que las principales debilidades o factores del manejo deficiente de los desechos sólidos en el país son la falta de políticas y estrategias definidas en cuanto al manejo de desechos sólidos a nivel nacional. Sumada la ausencia de planes y programas de entrenamiento y capacitación de personal, presupuestos inadecuados, falta de cultura y educación ambiental (IARNA, 2008).

En cuanto a nivel municipal, no se crean las capacidades propias para el manejo de desechos, se depende del apoyo de instituciones, que al retirarse del área no dan continuidad a los proyectos. Otro factor muy importante a destacar en cuanto a la deficiencia del manejo de los desechos sólidos en Guatemala a nivel de municipios según PREMADES, es la falta de conciencia de la realidad ambiental, social económica e institucional de los municipios.

Guatemala cuenta con legislación relacionada al tema de desechos sólidos. A nivel nacional en la Constitución de La República de Guatemala, el decreto 68-86

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, y el acuerdo gubernativo 111-2005, se aprueba la creación de la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. En cuanto a los municipios y el manejo de desechos sólidos, el Código Municipal establece las responsabilidades que debe realizar la municipalidad para el respectivo manejo de los desechos. En términos de salud pública, el código de salud (decreto 90-97) menciona la importancia del manejo de los desechos sólidos como medidas de seguridad sanitaria a nivel nacional.

En Guatemala el manejo de los desechos sólidos no ha sido prioridad a nivel institucional, a pesar de ser un problema ambiental y de salud. Esto se refleja en la falta de un sistema que brinde las soluciones necesarias. Las municipalidades carecen de recursos financieros y se buscan apoyos en programas internacionales y donaciones para su establecimiento, con el fin de no asumir el costo político de cobrar una tarifa. El sector privado es muy débil en este aspecto, la actividad es realizada principalmente por microempresas que trabajan ineficientemente (República de Guatemala, 1995).

La mayoría de municipalidades del país cuenta con servicios autorizados de empresas privadas las cuales realizan principalmente la recolección doméstica e industrial. Las municipalidades se hacen únicamente responsables de la recolección y traslado de los residuos de las calles y los mercados cantonales. Los residuos recolectados por la municipalidad y empresas privadas, son trasladados tanto a vertederos municipales como clandestinos (PROARCA, 2004). A nivel de comunidades, estas no tienen la cultura de pago por el servicio y gran parte de las mismas no cuentan con la capacidad económica de pago.

2.1.2 Composición de los desechos sólidos

A nivel nacional se tiene el conocimiento de la composición de los desechos sólidos de 80 municipios, de los cuales pertenecen a 13 departamentos fuera de Guatemala. La generación diaria reportada para estos municipios es de 956,889.51 kilogramos y estos están compuestos de metales (4%), trapos (5%),

vidrio (5%), suelos y otros (11%), caucho, cuero plástico (13%) papel y cartón (18%) y en su mayoría restos de alimentos (35%) (IARNA, 2009).

2.1.3 Manejo de los desechos sólidos en el área urbana de Guatemala

En el área metropolitana del departamento de Guatemala se produce cerca del 30% del total de desechos generados anualmente en el país. De las 456,484 toneladas que se producen, el 75% es recolectado y la mayor parte trasladada al basurero de la zona 3 (IARNA, 2008). En el área metropolitana y otras áreas urbanas, la recolección de los desechos generados generalmente se lleva a cabo por medio de los “camiones amarillos” que pertenecen a empresas autorizadas por la municipalidad o por algún servicio privado autorizado (PROARCA, 2004).

Según el IARNA en el perfil ambiental (2006), citado por las Naciones Unidas, en el año 2002 una buena parte de los hogares urbanos contaba con un servicio de recolección (58%), urbano o privado. El crecimiento del servicio municipal da a conocer el aumento de interés y la voluntad de las municipalidades por tomar medidas y ejercer un cierto control en el tema de desechos sólidos. No obstante, el número de hogares en el sector urbano sin servicio de recolección aún es elevado (459,892 hogares) (Naciones Unidas, 2014).

2.1.4 Manejo de los desechos sólidos en el área rural de Guatemala

Según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística, citado por Domingo (2010) en el área rural, la generación de desechos sólidos es relativamente mayor en los departamentos de Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos y Guatemala, entre ellos se generan más del 36% del total de desechos sólidos en el área rural. La cobertura de recolección de desechos sólidos en el interior del país es deficiente ya que únicamente se recolecta el 45% de 5,250 toneladas generadas diariamente (Benavente, 2012; MARN, 2012). En cuanto a la disposición final en el interior del país gran parte de los municipios cuenta con un incremento en el número de botaderos ilegales. Los vertederos municipales, comúnmente los únicos autorizados para el manejo adecuado de los desechos únicamente vierten

los desechos y en algunos casos les brindan un tratamiento de incineración no controlada.

2.2 Desechos sólidos

Se refiere a cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, pero que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje (IARNA, 2012).

Desechos sólidos incluyen todos los materiales sólidos y semisólidos que el poseedor no considera útil o tiene suficiente valor para retenerlo. Los desechos sólidos son todos los residuos que proceden de actividades humanas y de animales que se desechan como inútiles o indeseados. El término desecho sólido abarca las masas heterogéneas de desechos de comunidades urbanas, desechos agrícolas, industriales y minerales (Tchobanoglous, Theissen y Eliassen, 1982).

2.2.1 Clasificación de desechos sólidos

Los desechos sólidos pueden clasificarse con base en distintas características. Dentro de estas se pueden mencionar; según su origen, procedencia, estado en el que se encuentran, composición química o tipo de tratamiento que estos requieren. Para el manejo de los desechos sólidos a nivel de comunidades y municipalidades se clasifican según su origen, y los más importantes son:

a) Desechos municipales

Los desechos municipales varían de acuerdo con la zona, composición social de la población, época del año, y otras variables socioeconómicas (Campos, 2003). Están constituidos principalmente tanto por materiales como por productos; compuestos de papel y cartón, tejidos, vidrio, metal, plástico, madera y basuras procedentes de residuos de comida. Con la excepción de los desperdicios de comida y los tejidos, cada categoría de material está constituida por muchos productos (Corbitt, 2003). Los desechos municipales también incluyen los

comerciales, institucionales, de construcción y demolición, de servicios municipales y de plantas de tratamientos (Tchobanoglous, Thiesen y Vigil, 1993).

b) Desechos industriales

Son aquellos que se generan en las actividades industriales y se incluyen desperdicios, cenizas, residuos de construcción y demoliciones, residuos especiales y residuos peligrosos (Campos, 2003). Según Ortiz, citado por Benavente (2012) los desechos industriales pueden ser metales, plásticos u otras materias primas que se utilizan en los procesos de industrialización. La generación de este tipo de desechos sólidos está en función de la tecnología utilizada en los procesos industriales.

c) Desechos peligrosos

Son aquellos que producen daños o son nocivos para el ser humano, el ambiente, animales y plantas (Campos, 2003). Se consideran peligrosos los desechos químicos, inflamables, explosivos o radioactivos. Estos desechos se pueden presentar en forma líquida, pero con frecuencia se encuentran en forma de gases, sólidos o lodos. Estos desechos deben de ser manejados y dispuestos con gran cuidado y precaución (Tchobanoglous, et al., 1982).

d) Desechos bio-infecciosos

Producidos durante el desarrollo de las actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad, y en general, cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación (IARNA, 2012).

2.2.2 Efectos generados por los desechos sólidos

Los desechos sólidos presentan características específicas que los diferencian de los efluentes líquidos y gaseosos urbanos. La característica principal es su visible

permanencia en el medio ambiente circundante. Debido a que la mayoría de los desechos y residuos sólidos son transportados y almacenados cerca de zonas habitables, los desechos presentan un gran potencial para afectar de forma adversa la calidad del medio ambiente circundante donde vive la población (Corbitt, 2003).

Los residuos domiciliarios y municipales contienen elementos contaminantes y sanitarios que no presentan un alto nivel de riesgo en comparación a otros tipos de residuos como lo son los industriales y los bio-infeccioso hospitalarios (Pérez, 2011).

a) Efectos en la salud humana

Según Deffis Caso, citado por Mijangos (2002) los desechos sólidos presentan riesgos que van asociados a efectos directos e indirectos a la salud.

Efectos directos: estos se refieren al contacto ocasional directo con la basura, que algunas veces contienen excremento humano, de animales y restos de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades de los cuales los recolectores y personas encargadas del servicio de recolección, son los más afectados.

Efectos indirectos: estos están vinculados a la proliferación de vectores de importancia sanitaria y de molestias públicas. Entre los principales vectores que se encuentran en los botaderos de residuos sólidos que se encuentran: moscas, mosquitos, ratas y cucarachas. Estos transmiten enfermedades que van desde fiebre amarillas, peste bubónica, *Tifus murino*, leptospirosis y rabia, entre otras. Otro de los efectos indirectos asociados a los desechos sólidos, son los accidentes aéreos y terrestres, causados por la poca visibilidad al producirse incendios, humo y aves en los botaderos de basura mal proyectados. Además cabe resaltar las molestias por los malos olores provenientes de los botaderos de basuras mal dispuestos, que también conllevan contaminación de cuerpos de agua por lixiviación (Deffis Caso, citado por Mijangos, 2002).

b) Contaminación atmosférica

Los desechos sólidos generan dos tipos de gases:

1) Gases de efecto invernadero

A gases estos corresponden el metano y el bióxido de carbono cuyas propiedades son retener calor generado por la radiación solar y elevar la temperatura de la atmosfera (Estrada, 2013).

2) Degradadores de la capa de ozono

Ciertos productos debido a los agentes químicos utilizados en su elaboración, generan ciertos gases que desintegran la capa de ozono. Estos gases se conocen como clorofluorocarbonos o CFC y se emplean principalmente en la fabricación de envases de unicel, como aerosoles, pintura y desodorantes. Al disponer de los envases de estos productos, se convierten en fuentes de emisión de gases CFC (Estrada, 2013).

Los desechos sólidos generan impactos adversos en la atmosfera en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero, como los son metano (CH_4) y óxido de nitrógeno (N_2O). Guatemala emitió a la atmósfera 41,480 toneladas de CH_4 y 570 toneladas de N_2O durante el año 2000 (IARNA, 2008).

c) Contaminación hídrica

La contaminación del agua por los desechos sólidos es el problema más grave que afecta el ambiente. La contaminación se da tanto en aguas superficiales como en las subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas y por la mala disposición de líquido percolado (lixiviados) producto de los botaderos a cielo abierto. En los ríos, estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto; aumentan los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutrofización en los cuerpos bénticos de aguas. Esto conlleva la muerte de peces, generando malos olores, deteriorando el aspecto estético y causando la pérdida del recurso hídrico como fuente de

abastecimiento a poblaciones. Las descargas de basura a las corrientes de agua o su vertido en las vías públicas traen consigo la disminución de cauces naturales, canales y la obstrucción de las alcantarillas; provocando inundaciones y con ello pérdida de bienes e inclusive vidas humanas. En el caso de los mantos freáticos, estos pueden ser fácilmente contaminados cuando se encuentran muy cerca de las capas superficiales del suelo y los lixiviados no son tratados y/o re-circulados, provocándose problemas cuando el agua es utilizada para el consumo humano (Mijangos, 2002).

d) Contaminación edáfica

El abandono y la acumulación de desechos dispuestos en vertederos y lugares a cielo abierto son la causa del deterioro estético y desvalorización tanto del terreno propio, como de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en los desechos y la falta de gestión y control (Mijangos, 2002).

2.3 Manejo integral de los desechos sólidos

El manejo de los desechos sólidos está asociado con el control de la producción, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesado o tratamiento y disposición de desechos sólidos. De tal manera que esté de acuerdo con los mejores principios de la salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otras consideraciones ambientales, que requieren de las actitudes del público (Tchobanoglous, et al., 1982).

2.3.1 Generación, recolección, transporte y disposición final

a) Generación

Los desechos sólidos pueden generarse a partir de la actividad de desechos de cualquier individuo particular o colectivo de personas. La cantidad de desechos sólidos generada varía según la estación climática, la posición geográfica y el tiempo de duración de las actividades. La generación de desechos sólidos se

divide principalmente en doméstica y no doméstica, esto dependiendo de su fuente de origen (Corbitt, 2003).

Los desechos sólidos se producen al iniciar el proceso de extracción de materias primas. A través de las distintas etapas de los procesos de producción, se producen desechos sólidos a medida que las materias primas son transformadas en productos para el consumo (Tchobanoglous, et al., 1982).

En la figura 1 se presenta el flujo de la materia prima, desde su extracción hasta su disposición final.

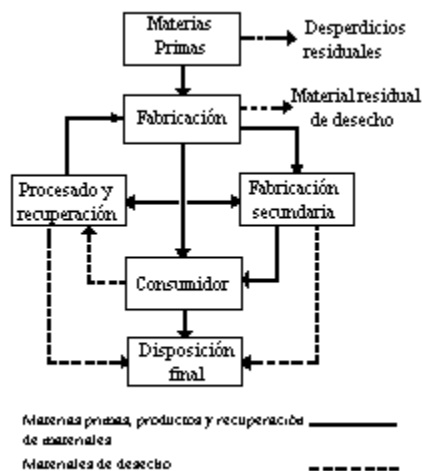


Figura 1. Flujo de materiales y producción de desechos sólidos en una sociedad tecnológica (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

b) Recolección, transporte y transferencia

En el campo del manejo de desechos sólidos, el elemento funcional del transporte se refiere a los medios de instalaciones y accesorios utilizados para transferir los desechos de una ubicación a otra, por lo general a una más distante. Las operaciones de recolección y transporte también son utilizadas para transferir los desechos a instalaciones que recuperan materiales y vertederos (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1993).

La problemática en cuanto a la recolección de desechos sólidos comprende no solo la recolección a través de una ciudad, si no su transporte a donde deben descargarse para su transformación o tratamiento (Prieto, 2005).

Las operaciones de transferencia y transporte se vuelven necesarias cuando las distancias a sitios disponibles de disposición o centros de procesado aumentan, dando como resultado una ausencia de factibilidad económica. El transporte y transferencia es necesario cuando los sitios de disposición final están en lugares remotos y no se puede llegar directamente a ellos por carretera (Tchobanoglous, et al., 1982).

Según CEPIS y Tchobanoglous citado por Benavente (2012) la recolección de desechos debe ser planeada tomando en cuenta algunos aspectos (cuadro 1).

Cuadro 1. Aspectos a tomar en cuenta en la recolección de desechos sólidos

Aspectos de recolección	Factores a tomar en cuenta
Vehículo de recolección	Debido a la variedad de vehículos de recolección, desde los específicos camiones de recolección que cuentan con una compactadora hasta pequeños carros con carretillas impulsadas por fuerza manual, la importancia de estos al ser utilizados es que se acomode a las condiciones del lugar donde serán utilizados.
Lugar	Se toma en cuenta el tipo de camino; ya sea de terracería o algún tipo de asfalto y las dimensiones de los caminos.
Frecuencia y horario	La frecuencia de recolección depende principalmente de la generación pero debe intentar que la frecuencia no incremente demasiado los costos de transporte.
Distribución de las fuentes de generación	La distribución de las fuentes tiene incidencia directa en la ruta, la ruta debe ser corta, simple y en su mayoría recta y terminar lo más posible en el lugar de disposición final.
Distancia al lugar de disposición	Depende principalmente del tipo de vehículo que se va a utilizar, o si es necesario hacer estaciones de transferencia.

(Benavente, 2012).

c) Tratamiento

El tratamiento de desechos sólidos involucra la transformación física, química o biológica de los mismos. Las técnicas de transformación que se pueden aplicar a los desechos sólidos son utilizadas para (1) mejorar la eficiencia del manejo de desechos, (2) recuperar los materiales reciclables y reusables y (3) conversión de productos (compostaje) y energía en forma de calor o biogás. La transformación de los desechos sólidos tiene como fin reducir la cantidad y el volumen de desechos que son depositados en vertederos. (Tchobanoglous, et.al., 1993).

d) Disposición final

Existen únicamente dos alternativas disponibles para el manejo de desechos sólidos a largo plazo; disposición en el manto de la tierra y disposición en el fondo del océano. Los desechos sólidos que están destinados a estos tipos de disposición son: (1) desechos que no pueden ser reciclados y que no pueden tener algún otro uso, (2) el material residual restante después de la recuperación en la separación de desechos de productos de aprovechamiento, y (3) el material residual restante después del aprovechamiento energético o conversión de desechos (Tchobanoglous, et. al. 1993).

2.3.2 Reducción en fuente y reciclaje

a) Reducción en fuente

La reducción en fuente, involucra reducir la cantidad y/o toxicidad de los desechos que se generan actualmente. Es la manera más efectiva de reducir la cantidad de desecho, costo asociado en su manejo, y reduce los impactos adversos al ambiente. La reducción de desechos se puede lograr a través del diseño, manufactura y embalaje de los productos con la mínima cantidad de contenido tóxico, volumen del material o una utilidad de vida más larga. Las empresas e industrias y hogares pueden contribuir al seleccionar productores específicos, y el reúso de materias prima (Tchobanoglous, et.al. 1993).

b) Reciclaje

El reciclaje es el manejo de los desechos que involucra (1) la separación y colección de desechos materiales, (2) la preparación de estos materiales para el reúso, procesamiento y manufactura; y (3) el reúso, de los materiales obtenidos. El reciclaje ayuda tanto en la reducción de demanda de recursos al igual que en la cantidad de desechos que ingresan a vertederos (Tchobanoglous, et.al. 1993).

2.3.3 Basura cero como concepto de manejo integrado de desechos sólidos

“Basura Cero” nace de la idea de copiar el modelo cíclico de la naturaleza, ya que ésta no produce desechos, y lo que produce como desecho lo reutiliza. Basura cero maximiza el reciclaje, disminuye los desechos, reduce el consumo y garantiza que los productos sean fabricados para ser reutilizados, reparados o reciclados para volver a la naturaleza o al mercado (Greenpeace, 2014).

El concepto de basura cero busca rediseñar el actual sistema industrial unidireccional para convertirlo en un sistema circular, aprovechando el flujo de recursos y desechos de la sociedad humana. El sistema de basura cero se basa en la creación de empleos y la participación ciudadana, abordando el problema del creciente desperdicio de los recursos humanos y el deterioro ambiental, ayuda a las comunidades a alcanzar una economía local que funcione eficazmente, crea empleos, ofrece una medida de autosuficiencia y propone eliminar los desechos en lugar de gestionarlos. Además permite compatibilizar los aspectos económicos, trabajo y limpieza, ya que ofrece una solución para la crisis en que se encuentran los rellenos sanitarios, que se agotan y son muy resistidos por los vecinos, generando una actividad económica que demanda una importante mano de obra y crea un circuito de materiales y energía eficiente y ambientalmente sustentable (Greenpeace, 2014).

El concepto de basura cero se ha implementado en varios países del mundo principalmente en los más desarrollados como Suiza, Canadá y Estados Unidos. En Latinoamérica, Argentina ha aplicado este manejo de desechos sólidos en la ciudad de Buenos Aires ya que a diario se entierran en rellenos sanitarios más de 5000 toneladas de desechos. Con la aplicación del manejo de desechos “Basura Cero” Buenos Aires pudo reducir la cantidad de desechos que son enterrados a un 30% en tan solo 1 año (Greenpeace, 2014).

2.4 La recolección como paso fundamental en los programas de gestión integral de desechos sólidos

La recolección de los desechos sólidos es una parte fundamental para todo manejo integrado de los desechos sólidos. La recolección de desechos involucra una adecuada selección de vehículos y su asignación a una ruta, a través de toda la comunidad, con el fin de conseguir una máxima eficacia en la retirada de los desechos sólidos generados por la población. Se deben de tomar las decisiones administrativas correspondientes para satisfacer los requisitos públicos y distribuir puntos de recogida específicos en la vía pública u otros puntos de almacenamiento (Corbitt, 2003).

La recolección de desechos debe de incluir el acarreo de los desechos al lugar donde se vacía el contenido de los vehículos de recolección. El descargue del vehículo de recolección también es considerado como parte de la operación de recolección. Las actividades asociadas con el acarreo y el descargue son parecidas para casi todos los sistemas de recolección, la recogida o alzada de los desechos varía con las características de las instalaciones, actividades o lugares donde se producen los desechos (Tchobanoglous, et al., 1982).

2.4.1 Importancia

Los efectos medioambientales principales de la recolección de desechos están directamente relacionados con el cuidado ejercido durante la retirada, de manera que se evite la caída de desperdicios de los recipientes y la retirada del material suelto. El abandono de los recipientes vacíos en la vía pública, una vez realizada la retirada de basura, puede originar problemas de estética y presentar un riesgo potencial para el tráfico dentro de la comunidad (Corbitt, 2003).

La recolección de desechos sólidos es uno de los servicios más importantes de los servicios proporcionados a los residentes de una comunidad. Independientemente de que el sistema sea público o privado, cada ciudadano tiene un contacto directo con la recogida de desechos. La elevada influencia que

representa el servicio de recogida de desechos sólidos exige una gestión y un servicio de retirada eficaces (Corbitt, 2003).

2.4.2 Logística de recolección de desechos sólidos

La recolección de desechos sólidos es una de las partes más complicadas ya que la realizan diariamente en sectores residenciales, comerciales e industriales, al igual que en las calles y parques. Los encargados del sistema de recolección deben reconocer y manejar las preocupaciones de la población en cuanto al pago de tarifas, el cual se ve reflejado en el alto costo del combustible y operación. Del total de los recursos económicos utilizados para el manejo de los desechos sólidos, aproximadamente el 50 a 70% son utilizados en las actividades de recolección. Por lo tanto pequeños cambios destinados al mejoramiento de la recolección pueden significar ahorros significativos en el sistema (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

2.4.3 Opciones de recolección

La recolección de desechos sólidos puede llevarse a cabo a través de entidades públicas, privadas o de servicios mixtos. La prestación de un servicio público de recolección depende de una entidad gubernamental, mientras la prestación de un servicio privado depende de la dirección de una compañía privada o de un individuo. La decisión de contratación de un servicio público o privado, dentro de un área de recolección determinada, depende de la estimación de la propia comunidad y del establecimiento de una serie de objetivos y prioridades para dicho servicio. Varios factores intervienen en la elección del tipo de servicio (privado o público), estos pueden ser el destinatario del servicio, el proveedor del servicio, la prestación del propio servicio, el administrador del mismo, y el tipo de servicio requerido (Corbitt, 2003).

a) Servicio público

El servicio público de recolección de desechos sólidos, está gestionado principalmente por organismos municipales, de los cuales depende la

administración y la operatividad del servicio. La autoridad competente depende de una concejalía y los contratos públicos pueden establecerse a través de un organismo público de recolección o llevando a cabo una subcontratación del servicio. Los municipios grandes pueden utilizar ambas fórmulas de recolección, fomentando la competencia entre ellos para controlar los costos y mejorar la productividad y el servicio (Corbitt, 2003).

El servicio de recolección municipal debe contar con empleados públicos y equipo adecuado. El servicio de recolección público está dirigido hacia residencias unifamiliares pertenecientes a una comunidad, pero frecuentemente también se presta servicio a establecimientos industriales y comerciales pequeños, escuelas, hospitales, y otras instituciones. Los ayuntamientos gestionan y controlan el funcionamiento, mantenimiento y la cuota de recolección de desechos sólidos. Es fundamental que dentro de las municipalidades exista un departamento específico para la supervisión directa de la recolección de desechos sólidos (Corbitt, 2003).

En las zonas en las que la gestión de desechos esta subcontratada, la recolección se realiza a través de una empresa privada, que ha firmado contrato público con el ayuntamiento o municipalidad. El contratista posee el equipo, los empleados, y gestiona el servicio. La entidad pública estipula el nivel de servicio, la frecuencia de recolección o los horarios de funcionamiento (Corbitt, 2003).

b) Servicios privados

Cuando el servicio de recolección no es prestado por una entidad de carácter gubernamental, se emplea una contratación privada la cual es responsable de la recolección de desechos sólidos. A diferencia del servicio público, los usuarios pagan directamente a las empresas por el servicio prestado. Las principales formas en las que se presta el servicio son franquicias, recolección privada y autoservicio.

- Recolección mediante franquicia: consiste en una licencia exclusiva que la unidad gubernamental cede a una empresa privada, para que esta pueda brindar el servicio dentro de un área determinada, por lo general no más de 10,000

personas. El órgano municipal se hace responsable de la licencia otorgada y puede recibir las quejas de los usuarios. Las franquicias minimizan las obligaciones municipales, pero puede generar monopolio con el potencial concesionario y establecer tarifas elevadas por falta de competencia (Corbitt, 2003).

- Recolección privada: este servicio ofrece una pequeña intervención pública en la práctica de recolección y no adquieren privilegios exclusivos. El nivel de servicio se sitúa entre el cliente y la empresa recolectora, con la potestad de los usuarios para poder cambiar de empresa cuando lo deseen. La competencia suele ser muy elevada y en algunos casos el servicio puede llegar a ser muy ineficaz y muy caro, siendo el tipo de servicio que mayor deficiencia presenta y mayores costos (Corbitt, 2003).

- Método de autoservicio: esta práctica permite que el propio generador de desechos transporte directamente sus desperdicios a una estación del transporte, e incluso a un vertedero. Este método es más utilizado en zonas rurales (Corbitt, 2003).

2.4.4 Operaciones de recolección

La recolección varía con cada municipio, dependiendo de las expectativas del ciudadano y las restricciones presupuestarias. Para la recolección en zonas residenciales existen distintos tipos de servicio, los cuales consideran el lugar de recolección de los residuos, al cual deberán tener acceso los operarios del servicio. El tamaño del camión de recolección, número de operarios y el tipo de servicio que integra cada equipo influye en los costos (Corbitt, 2003).

a) Recolección a pie de acera

Requiere que el residente deposite diariamente en un contenedor adecuado en la acera o depositar sus desechos en una bolsa en la acera para esta poder ser recolectada por lo operarios.

b) Recolección y retorno

Los operarios llevan los contenedores hasta el camión y los retornan a su lugar de origen, totalmente vacíos.

c) Recolección

Los operarios llevan los contenedores hasta el camión de recolección y son los residentes quienes los retornan a su lugar de origen.

d) Deposito colector

Los operarios disponen de un depósito colector en el que vacían los contenedores y después lo trasladan hasta el camión de recolección.

2.4.5 Tipos de recolección

La recolección de desechos sólidos varía con las características de las actividades, ubicaciones e instalaciones donde los desechos son generados y los métodos de almacenamiento en sitio entre recolecciones. Los principales tipos de recolección son para desechos mezclados y desechos separados en fuente (Tchobanoglous, et. al., 1993).

a) Recolección de desechos mezclados

Los desechos mezclados se originan principalmente en viviendas unifamiliares de bajo, medio y alto nivel, y de instalaciones industriales y comerciales.

- Viviendas unifamiliares de bajo nivel

Es el tipo más común de servicio de recolección y este incluye (1) en la acera, (2) callejones, (3) colocado afuera de propiedad privada y (4) afuera de propiedad privada y retorno. En recolección en la acera el generador de desechos debe de colocar su recipiente o desechos dentro una bolsa, para que esta sea recogida en los días de recolección. Cuando los callejones forman parte del diseño de ciudades o comunidades, estos son utilizados comúnmente para el almacenamiento de desechos. En el establecimiento de salida los contenedores

son colocados afuera de la propiedad del dueño y luego los contenedores son colocados de regreso por miembros del equipo de recolección. Afuera de propiedad privada y retorno es lo mismo que colocado afuera, la única diferencia es que el dueño del contenedor es responsable por retornarlo a su punto de almacenamiento (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

- Viviendas unifamiliares de medio nivel

Para este tipo de vivienda se utiliza comúnmente recogida en acera, y el personal encargado de la limpieza es responsable de transportar los contenedores a la acera para la recolección (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

- Viviendas unifamiliares de alto nivel

Se utilizan contenedores de tamaño grande para coleccionar todos los desechos del edificio de apartamentos. Dependiendo del tamaño y forma del contenedor, el vaciado del contenedor puede ser mecánico utilizando vehículos equipados con mecanismos de descargue (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

- Instalaciones comerciales e industriales

Se utilizan medios manuales y mecánicos para la recolección en estas instalaciones. La recolección de desechos para estas instalaciones se realiza a tempranas horas del día o en la noche para evitar congestionamiento vehicular. En el caso de utilizar recolección manual, en instalaciones comerciales los desechos son colocados en bolsas plásticas, cajas de cartón y otros tipos de contenedores desechables que son colocados en la acera para su recolección (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

b) Recolección de desechos separados en fuente

Los desechos que han sido separados en fuente deben ser recolectados o reunidos antes de que estos sean reciclados. Los métodos principales para la recolección de estos materiales incluyen; recolección en la acera por organizaciones dedicadas a la comercialización de materiales reciclables y

entrega a centros de acopio por los pobladores generadores de desechos (Tchobanoglous, et. al., 1993).

2.4.6 Sistema de recolección, equipo y personal

a) Sistema de recolección

El sistema de recolección puede clasificarse de distintas maneras según el modo de operación, equipo utilizado y los tipos de desechos recolectados. Los sistemas de recolección más comunes son: 1) sistemas de acarreo del recipiente y 2) sistemas de recipiente estacionario

Sistemas de acarreo del recipiente: son sistemas de recolección en los que los recipientes utilizados para el almacenamiento de desechos son acarreados hasta el lugar de disposición, luego vaciados son devueltos a su lugar de origen o algún otro lugar designado.

Sistemas de recipiente estacionario: en estos sistemas los recipientes utilizados para el almacenamiento de los desechos sólidos permanecen en el punto de producción, excepto para viajes cortos ocasionales, al vehículo de recolección.

El uso de estos sistemas depende principalmente del volumen del recipiente, ya que dependiendo de la capacidad de los recipientes se estima la tasa de producción, se ahorra tiempo en el manejo de los mismos y se reduce la acumulación de muchos recipientes más pequeños que pueden generar condiciones antihigiénicas (Tchobanoglous, et. al. 1982).

b) Equipo de recolección

Un equipo de recolección correctamente diseñado, debe contar con los vehículos de recolección más idóneos. La selección de los vehículos de recolección más apropiados requiere el análisis y estudio de toda la estructura del programa de recolección. El vehículo de recolección es fundamental para obtener una mayor eficacia en la recolección, dadas las particularidades de los sistemas de almacenamiento doméstico. Requisitos de mercado, rutas de transporte y

capacidades de procesamiento. En algunas comunidades puede utilizarse o modificarse el equipo existente, con el fin de conseguir la mayor cantidad de ahorro en los costos. En algunos casos las comunidades deben de invertir en la compra de vehículos especializados para la recolección de desechos sólidos (Lund, 1998).

Para elegir un correcto equipo de recolección se debe de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El diseño de la altura de carga debe ser baja
- El vehículo debe de contar con la capacidad suficiente para las rutas de recolección, cabinas de acceso fácil y un mecanismo para la descarga rápida.
- Los vehículos deben de poder ser maniobrados fácilmente en lugares estrechos dentro de las comunidades (Lund, 1998).

c) Personal de recolección

La eficiencia en la recolección depende en gran parte de la productividad de cada persona en las rutas de recolección. Un parámetro importante para medir la productividad en las rutas de recolección es el tamaño de la tripulación, tiempo de servicio, tiempo de viaje y tiempo en el sitio de descarga. El número de personal depende del tipo de servicio que se provee a los generadores de desechos. En ciudades grandes donde la congestión vehicular es intensa y se compite por el espacio en las calles, el número óptimo de personal es de 4 personas y la recolección se realiza manualmente. En comunidades donde la congestión vehicular es ligera y el espacio es conveniente para el movimiento de contenedores de desechos, el personal puede ser de una persona y la carga se realiza mecánicamente (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

2.4.7 Rutas de recolección

Las rutas de recolección deben ser establecidas conforme al equipo y los requerimientos de trabajo para que los recolectores y el equipo puedan ser utilizados efectiva y eficientemente. En general, establecer las rutas requiere de

una serie de pruebas, no hay reglas universales que se puedan aplicar a diferentes sistemas de recolección, ya que se deben de tomar en cuenta factores poblacionales, económicos, climatológicos, topografía de comunidades, relieve, etc.

Existen directrices que se deben de tomar en consideración en el momento de establecer rutas de recolección:

1. Establecer políticas y regulaciones relacionadas al punto de recolección y frecuencia de recolección.
2. Características como integrantes del equipo y tipo de vehículo deben ser coordinadas
3. Cuando sea posible, las rutas deben de establecerse de la manera de que estas empiecen y terminen en calles principales, utilizando barreras físicas y topográficas como límites de ruta.
4. En áreas con pendientes, las rutas deben de empezar desde la parte más alta y proceder cuesta abajo conforme el vehículo es cargado.
5. Las rutas deben de establecerse con base en el último contenedor que debe ser recogido o punto de recolección se encuentre lo más cerca posible al sitio de disposición.
6. Los desechos generados en ubicaciones con tránsito vehicular pesado deben de ser recolectados lo más temprano posible durante el día.
7. Ubicaciones que generan la mayor cantidad de desechos deben ser las primeras en recibir el servicio.
8. Puntos de recogida dispersos (donde pequeñas cantidades de desecho son producidas) que reciben la misma frecuencia de recolección, deben ser servidas en un solo viaje o en el mismo día si es posible (Tchobanoglous, et. al., 1993).

Existen 4 pasos generales para el diseño de rutas de recolección los cuales son:

a) Preparar mapas que revelen datos pertinentes e información relacionada a las fuentes de generación de desechos

Sobre un mapa de escala grande de las áreas comerciales, industriales o residenciales, se dibujan signos o datos para cada punto de recolección de desechos como: localización, número de recipientes, frecuencia de la recolección. Dependiendo del tamaño del área y el número de puntos de recogidas, el área debe ser subdividida en áreas correspondientes a la misma utilidad (comercial, industrial o residencial) (Tchobanoglous, et.al., 1982 &1983).

b) Generar tablas de resumen en base al análisis de datos

Realizar tablas las cuales tendrán la información de la frecuencia de recolección (veces/semana), número de puntos de recolección, número total de contenedores, número de viajes (viajes/semana) y los días en que los desechos serán recolectados durante la semana. Estas tablas servirán para las pruebas de las distintas rutas a evaluar. Empezar con las ubicaciones que requieren la mayor frecuencia de recolección por semana.

c) Diseño preliminar de rutas

Con base en los datos obtenidos del paso 2, el diseño de las rutas de recolección se empieza desde el punto de partida donde se encuentran los vehículos de recolección, se establece una ruta que conecte todos los puntos de recolección que deben ser servidos durante los días de recolección. El siguiente paso es modificar la ruta actual que incluya puntos o contenedores adicionales que deben ser servidos en cada día de recolección. Las rutas deben ser diseñadas para que empiecen y terminen cerca de la estación de descarga.

d) Evaluación de las rutas preliminares y desarrollo de rutas balanceadas por pruebas exitosas

Cuando las rutas preliminares se hayan trazado, se debe calcular la distancia media a ser recorrida entre recipientes. Si las rutas no están balanceadas, se deben diseñar a manera que cada ruta cubra aproximadamente la misma distancia. Se debe de ensayar un número de rutas de recolección antes de seleccionar las rutas definitivas. Si se requiere más de un vehículo, las rutas deben ser trazadas para cada área funcional y se debe de balancear las cargas de trabajo para cada conductor (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

2.4.8 Aspectos económicos del sistema de recolección

En la actualidad los aspectos económicos de la recolección de desechos sólidos deben incluir los costos de almacenamiento de contenedores en los puntos de generación de desechos, costos del servicio de recolección y los costos de transferencia a los sitios de disposición final (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

2.4.9 Costos de recolección

Los costos de recolección incluyen el equipo capital (vehículos y contenedores) y costos de mantenimiento, y un significativo costo de mano de obra. Los costos de recolección pueden variar con el tipo de servicio que se provee, tipo de vehículo utilizado, sueldo mínimo de la localidad, tiempos de viaje y sobre todo las características de la comunidad. Un importante factor que puede hacer variar los costos de recolección son la cantidad de desechos reciclables separados del resto de los desechos, ya que estos tienen un valor comercial (Tchobanoglous y Kreith, 2002).

2.5 Marco legal e institucional en el país

En la actualidad la situación ambiental y el deterioro del medio ambiente por parte del deficiente manejo de los desechos sólidos, es uno de los principales problemas que requiere de soluciones inmediatas.

La falta legislación promueve a que no haya una implementación de políticas integrales que solucionen el problema de los desechos sólidos. La falta de leyes y

políticas claras que impongan sanciones a quienes atentan contra la naturaleza y la salud hace que la contaminación ambiental por los desechos sólidos sea generalizada en el país (Domingo, 2010).

Actualmente no se ha definido que instancia realmente tiene la potestad de tomar decisiones y aplicar las sanciones correspondientes en materia de contaminación por desechos sólidos, ya que el control de estos es otorgado a varias instancias que no tienen mucha coordinación entre sí (Ministerio de Salud, Municipalidad, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales) (Domingo, 2010).

En cuanto al manejo integrado de los desechos sólidos, esta responsabilidad se le ha atribuido a las municipalidades del país, las cuales realizan un manejo deficiente por la falta de conocimiento en cuanto a la recolección y disposición final de los desechos sólidos (República de Guatemala, 1995)

2.5.1 Marco legal

Uno de los principales avances en cuanto al tema de manejo de desechos sólidos fue en abril del 2005, con la creación de la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, a través del Acuerdo Gubernativo 111-2005. Esta política establece una serie de acciones y directrices que buscan alcanzar el eficiente manejo de los desechos sólidos en el país, y sobre todo busca tener un impacto positivo en los ámbitos político-institucional, social, económico, ambiental y salud poblacional (Naciones Unidas, 2014).

En cuanto al manejo de los desechos hospitalarios, se establece el Reglamento de Desechos Hospitalarios, el cual fue aprobado mediante el Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. En este reglamento se establecen ciertas medidas para motivar un manejo eficiente de los residuos hospitalarios en las distintas etapas del proceso, recolección, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final. Este reglamento ha sido aplicado únicamente en el área metropolitana de Guatemala, y no en el interior del país (Naciones Unidas, 2014)

En general la falta de una ley marco que norme y establezca la obligatoriedad de contar con un reglamento para el manejo de los desechos sólidos es una de las grandes deficiencias del país en este tema, esto favorece a que el manejo de desechos en Guatemala se encuentre en un nivel subdesarrollado (Naciones Unidas, 2014).

Además de los reglamentos previamente mencionados, existen legislaciones que tratan o se relacionan con el tema de desechos sólidos en el país las cuales se presentan en el anexo 1.

2.5.2 Marco institucional

En Guatemala la ausencia de una coordinación institucional, es un indicador de la creciente contaminación en el país, ya que se carece de las herramientas financieras y directrices para un adecuado manejo de los desechos sólidos a nivel nacional. El hecho de no contar con una planificación económico financiera a mediano y largo plazo, influye en la ausencia de capacitación de personal y en la insuficiencia de recursos financieros para proyectos destinados al manejo de desechos sólidos. Esto a la vez no incentiva al sector privado de la población para involucrarse en el tema (Acuerdo Gubernativo 111-2005).

A nivel nacional existen dos instituciones con mayor representatividad en el tema del manejo de los desechos sólidos, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).

En este sentido siendo jurídica y legalmente, la función del MARN es de establecer las distintas líneas de acción, definir las políticas y tener rectoría en materia ambiental y recursos naturales, además de coordinar esfuerzos con otras instituciones del Estado como el anteriormente mencionado el MSPAS, para el manejo de desechos sólidos. Con el apoyo de la Presidencia de la República se creó la Comisión Nacional para el Manejo Integrado de Desechos Sólidos (CONADES) Acuerdo Gubernativo 700-97. Esta comisión tiene la función de coordinar y operar adscrita y dependiente directamente del MARN, con el objetivo de rediseñar y modernizar la gestión de los desechos sólidos del país.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social tiene la función de emitir los reglamentos para el saneamiento ambiental en cuanto a los desechos sólidos pero a la vez también los líquidos y otros contaminantes que perjudiquen la salud de la población. Las regulaciones de estos contaminantes deben ser realizadas a través del departamento de regulación de salud y medio ambiente (PNUMA, 1999).

Con base en estudios realizados por el MARN, citado por Benavente (2012) se establece que las municipalidades son las instituciones gubernamentales clave en la regulación del manejo de los desechos sólidos. En el artículo 68 del Código Municipal, se establece la responsabilidad de las municipalidades de prestar los servicios de limpieza y dar tratamiento adecuado, esto dependerá de la organización propia de la municipalidad la manera en que coordinará esta competencia. Las municipalidades pueden realizar esto a través de divisiones de medio ambiente o de planificación, apoyándose también con los concejos de desarrollo.

2.6 Antecedentes

2.6.1 Situación actual en el municipio de Purulhá

En el departamento de Baja Verapaz se tiene una producción anual de aproximadamente 29,179 toneladas de desechos sólidos domiciliarios, de los cuales únicamente 2, 681 toneladas reciben un servicio de recolección municipal o privada (IARNA, 2008). En el municipio de Purulhá, Baja Verapaz, se ha identificado un deficiente manejo de los desechos sólidos. Según datos del Plan de Desarrollo Municipal, los habitantes de 3,086 viviendas de un total de 5,727 existentes en el municipio tiran la basura en cualquier lugar; lo cual representa el 54% de las casas. El 27%, lo que equivale a 1558 viviendas queman la basura y en 802 unidades habitacionales la entierran, estas representan el 14%. Solamente el 3.6% de las viviendas, que hacen un total de 206; utilizan el servicio municipal o privado de recolección de basura (SEGEPLAN, 2011). Los desechos que son recolectados no reciben ningún tratamiento previo a su disposición y únicamente son trasladados a un botadero a cielo abierto conocido como el “Vertedero

Municipal”. Con estos datos se afirma que el manejo de los desechos sólidos no es sostenible y esto produce serios efectos adversos al ambiente y a la salud poblacional.

El deficiente manejo de los desechos a través de los años en Purulhá ha generado impactos ambientales a través de la producción de lixiviados, los cuales se infiltran en el subsuelo llegando a contaminar fuentes hídricas y áreas protegidas alterando la calidad de los ecosistemas aledaños al vertedero. La emisión de gases contaminantes como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido de nitrógeno (N_2O) por la descomposición e incineración de la basura emiten olores, generan contaminación visual, producen daños a la salud y desplazan la biodiversidad del lugar (IARNA, 2008). La Asociación del Corredor Biológico del Bosque Nuboso se encuentra en desacuerdo con la municipalidad debido a la forma en que ésta maneja los desechos sólidos de Purulhá, ya que el vertedero municipal no es más que la pendiente de una montaña, destinada a la disposición final de los desechos.

Actualmente la asociación estudiantil “ENACTUS” de la Universidad Rafael Landívar tiene como proyecto implementar emprendimiento social a través de proyectos sostenibles, los cuales se basan en aspectos ambientales, económicos y sociales que promuevan una mejor calidad de vida para las comunidades. Uno de sus proyectos es el manejo sostenible de los desechos sólidos en Purulhá, el cual tiene como objetivo principal asegurar una separación de desechos sólidos en fuente y valorización diferenciada (reciclaje y compostaje) a través de capacitaciones y empoderamiento de la comunidad (Fernández y Sierra, 2014).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema y justificación del trabajo

En Guatemala gran parte de la contaminación ambiental se atribuye a la cantidad de desechos sólidos producidos por las actividades humanas y el manejo deficiente de los mismos y los impactos adversos que genera hacia el ambiente y la salud poblacional (MARN, 2014). En la actualidad el manejo de los desechos sólidos en Guatemala se encuentra en un nivel subdesarrollado lo cual implica un manejo deficiente desde su recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento hasta su disposición final. Según datos del Perfil Ambiental de Guatemala, se reporta que únicamente el 35% de los residuos generados por los hogares es recolectado por el tren aseo municipal (14%) o por un servicio privado de recolección (21%) (IARNA, 2009).

Baja Verapaz es uno de los departamentos con mayor deficiencia en la recolección de desechos sólidos alcanzando apenas el 9.02%, colocándolo en el cuarto lugar de los departamentos con menor porcentaje de recolección de desechos sólidos. Esto implica que la población dispone de los desechos de formas inadecuadas, a través de la incineración, sepultar bajo tierra, botaderos clandestinos, entre otros. La disposición inadecuada de los mismos, genera problemas en la salud, contaminación ambiental, pérdidas económicas e impactos sociales. La falta de políticas claras en las áreas rurales y el crecimiento desordenado en las áreas urbanas, producen flujos contaminantes en dimensiones que exceden las capacidades de asimilación de los ecosistemas naturales nacionales (IARNA, 2012).

Muchas veces el sistema de recolección es obviado o dado por sobre entendido por los encargados del manejo de los desechos sólidos, desembocando generalmente en el fracaso de los proyectos destinados al manejo de los desechos. De esta manera, el diseño óptimo de un sistema de recolección permite reducir al mínimo no sólo las cantidades de desechos que llegan a botaderos clandestinos, sino también la cantidad de desechos que son quemados y

enterrados. De este modo el correcto sistema de recolección permite mitigar los impactos adversos ambientales, sociales y económicos.

La recolección de los desechos sólidos es inundablemente la parte más costosa de un plan de manejo de desechos sólidos, sin embargo la construcción de un sistema óptimo y eficiente contribuye a fortalecer a la institución encargada en sus aspectos técnicos y financieros, asegurando su operación y mantenimiento de una forma sostenible a largo plazo. Otros beneficios incluyen la reducción en el consumo de combustibles fósiles, reducción de emisiones, y proporciona a la comunidad un ambiente higiénico y sano, libre de desechos y vectores.

En el municipio de Purulhá, el sistema de recolección actual carece de las capacidades técnicas y económicas básicas, dando como resultado un servicio de recolección empírico, basado en el criterio de los recolectores.

En este sentido, el presente trabajo plantea la construcción de una propuesta para el sistema de recolección de los desechos sólidos generados por los pobladores del casco urbano del municipio de Purulhá. A través de un diagnóstico del sistema actual, para poder formular un sistema óptimo y sostenible, basado en criterios técnicos para su construcción. Además, la realización del análisis financiero para poder implementar el nuevo sistema.

La finalidad de esta propuesta es de contribuir al desarrollo sostenible del municipio de Purulhá. La propuesta está dirigida a la municipalidad de Purulhá con el fin de aportar mejoras del manejo de los desechos sólidos del municipio y reducir los impactos ambientales y sociales negativos que son resultado del manejo deficiente actual.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Generar una propuesta técnica de un sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios para el casco urbano del municipio de Purulhá, Baja Verapaz.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico técnico inicial del sistema de recolección actual.
- Caracterizar los desechos sólidos del casco urbano del municipio de Purulhá.
- Proponer un sistema de recolección de desechos sólidos.
- Realizar análisis financiero del mantenimiento del sistema de recolección.

V. METODOLOGÍA

5.1 Ambiente

El municipio de Purulhá posee una extensión territorial de 248 km². Se encuentra a una altitud de 1,570 msnm. Se sitúa al norte de la ciudad capital de Guatemala y limita de la siguiente manera: Norte: con los municipios de Tamahú, Tucurú y Táctic del departamento de Alta Verapaz; Sur: con el municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa; San Agustín Acasaguastlán del departamento de El Progreso y del municipio de Salamá del departamento Baja Verapaz; Este: con el municipio de la Tinta y Punzós, del departamento de Alta Verapaz; y al Oeste: con San Miguel Chicaj, Baja Verapaz (SEGEPLAN, 2011). En la figura 2 se observa la ubicación del municipio de Purulhá.

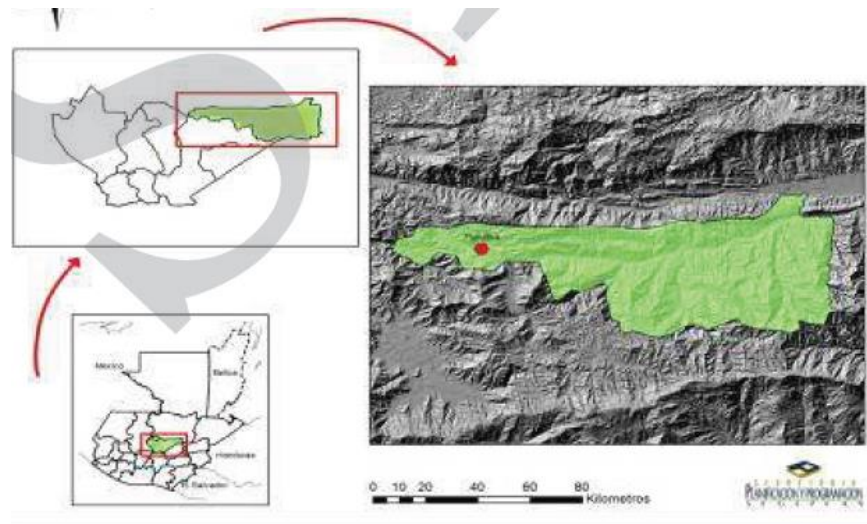


Figura 2. Ubicación del municipio de Purulhá, Baja Verapaz (SEGEPLAN, 2011).

La investigación se realizó específicamente en el casco urbano del municipio de Purulhá. En la figura 3 se identifica la delimitación previa del casco urbano del municipio de Purulhá en base a una imagen satelital del municipio de Purulhá.

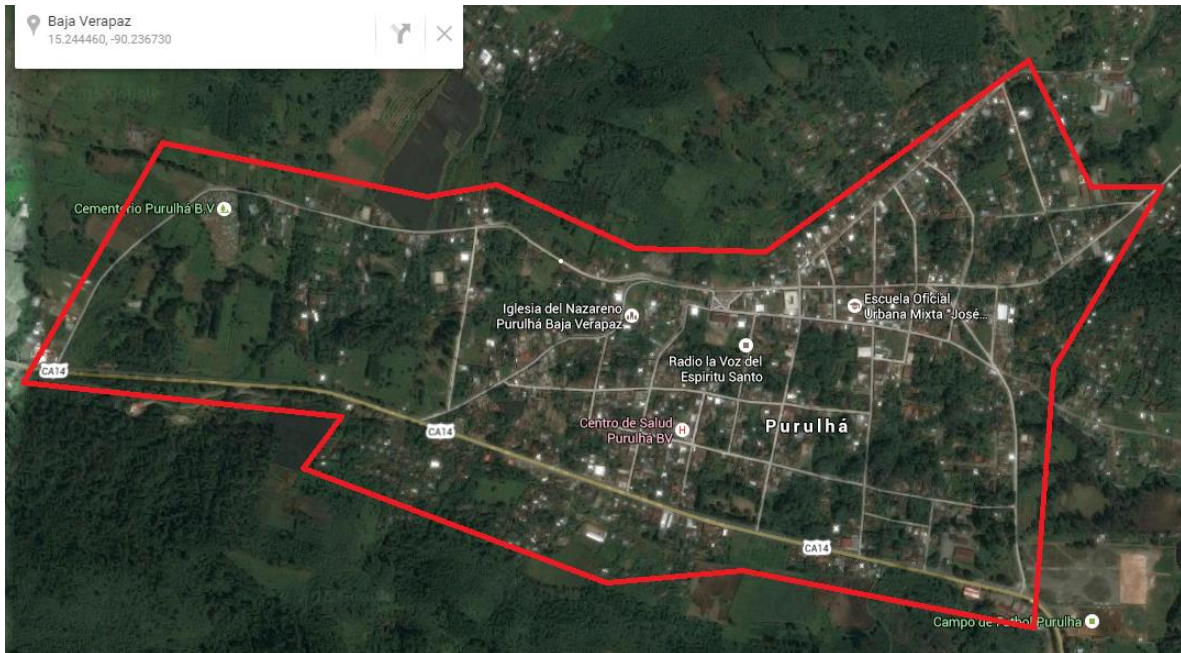


Figura 3. Delimitación del casco urbano del municipio de Purulhá (Google Maps, 2015).

5.2 Sujetos y unidades de análisis

El principal sujeto de análisis fue el sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios generados del casco urbano del municipio de Purulhá.

5.3 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo descriptiva y tuvo como objetivos generar una propuesta técnica para la recolección de los desechos sólidos domiciliarios del casco urbano del municipio de Purulhá; esto después de conocer el estado actual del sistema de recolección de desechos a través de un diagnóstico. Con base en los resultados y análisis del diagnóstico, se creó la propuesta del sistema de recolección y un análisis financiero para determinar el costo de mantenimiento.

5.4 Instrumentos

Se realizaron entrevistas a actores claves vinculados con el sistema actual de recolección, estos fueron: encargada del departamento de servicios públicos y al encargado de la recolección de los desechos sólidos de Purulhá, con el fin de obtener información del estado actual del sistema de recolección, rutas específicas, equipo utilizado, como está compuesto, costos y tarifas actuales, y procesos de recolección de los desechos sólidos.

Se utilizaron mapas del municipio provistos por los departamentos de información de servicios públicos y registro de información catastral de la municipalidad de Purulhá, para conocer las rutas actuales de la recolección de los desechos sólidos. Se utilizó el programa de cómputo; ArcMap, con el cual se crearon las rutas para los vehículos de recolección, de tal manera que se puedan ahorrar costos en combustibles y utilizar el equipo de recolección de una manera más eficiente.

5.5 Procedimiento

5.5.1 Consulta Documental

Para el análisis de mapas, delimitación del municipio, calles y catastro del municipio de Purulhá, se consultó al Registro de Información Catastral de la municipalidad de Purulhá.

Para obtener información del municipio y el sector urbano y los aspectos en cuanto al número de habitantes, número de casas, y los aspectos socioeconómicos se consultó a la municipalidad de Purulhá, Grupo Móvil Institucional y el Plan de desarrollo del municipio de Purulhá, Baja Verapaz realizado por la Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia realizado (SEGEPLAN) en el 2011.

El personal relacionado al sistema actual de recolección fue la base para el estudio técnico, ya que este brindó la información específica en cuanto a cantidad

de hogares que reciben el servicio de recolección, lugar de inicio y finalización del recorrido, cantidad de desechos recolectados, frecuencia de recolección, número de paradas, tarifas, sitio de disposición final, vehículo y equipo utilizado, límites del sistema de recolección, etc.

5.5.2 Fases de campo

Fase 1: Análisis administrativo del sistema de recolección

La fase 1 consistió en la recopilación de información a través de entrevistas directas. La primera entrevista fue dirigida hacia la Dirección de la oficina de servicios públicos, el cual tiene bajo su control el tema de manejo y recolección de desechos sólidos del municipio de Purulhá (Anexo 2). La segunda entrevista fue dirigida al jefe del servicio de recolección de desechos sólidos municipal. La entrevista consiste en una serie de preguntas específicas dirigidas al encargado para dar conocer cómo opera actualmente el sistema de recolección de desechos sólidos que provee la municipalidad. (Anexo 3).

Las entrevistas fueron validadas con la encargada del departamento de información de servicios públicos de la municipalidad y con el encargado del servicio de extracción de desechos sólidos de la municipalidad de Purulhá previo a la fase de campo a realizar.

Fase 2: Encuesta

Para conocer la perspectiva de parte de la población en cuanto al servicio de recolección de desechos sólidos, se elaboró una encuesta compuesta de 20 preguntas relacionadas con el sistema de recolección actual y la disposición de los desechos sólidos. Para obtener una muestra representativa de las 993 viviendas habitadas dentro del casco urbano, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{N * d^2 + 1}$$

n= número de viviendas a encuestar

N= total de viviendas habitadas dentro del casco urbano (993)

d²= nivel de confianza (10%)

Esto dió como resultado que se realizara la encuesta a 91 viviendas dentro del casco urbano con el fin de obtener información representativa.

Las encuestas fueron validadas con los habitantes del casco urbano del municipio de Purulhá. La encuesta se realizó a personas mayores de edad encargados de la casa como madres y padres, quienes representaban una vivienda del casco urbano del municipio Purulhá.

Posterior a ser realizadas las encuestas, se descartaron 10 encuestas ya que la manera en que respondieron estas viviendas podría generar confusión y error al interpretar los resultados. Las encuestas fueron tabuladas utilizando el programa Excel 2013. Con base en las preguntas de las encuestas los resultados fueron divididos entre las viviendas que reciben el servicio de recolección de desechos municipal y las que no lo reciben.

Fase 3: Caracterización de desechos sólidos

Para realizar la caracterización de los desechos sólidos generados en el casco urbano del municipio de Purulhá, se obtuvieron los permisos de parte de la municipalidad y se solicitó el apoyo del encargado del servicio de recolección de desechos sólidos. Se obtuvieron muestras de n viviendas del total de 993 viviendas habitadas del casco urbano. Para obtener el número de viviendas a ser muestreadas se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

n = número de viviendas a probar aleatoriamente (8)

Z = coeficiente de confianza (1.96), se utiliza este valor para obtener un nivel de confianza del 95% en los valores de generación de residuos sólidos

δ = desviación estándar de variables (Debido a que no se cuenta con datos de estudios anteriores, se utilizó la cantidad de 0.25 kg/hab./día).

E = Error permisible en la estimación de producción per cápita de Guatemala con una precisión del 10% (0.031g/hab./día)

N = 993 viviendas habitadas dentro del casco urbano

Se coordinó con el encargado del servicio de recolección de desechos sólidos la recolección de las muestras de 8 viviendas seleccionadas aleatoriamente durante dos semanas, para poder recolectar los desechos que las viviendas generan normalmente y son recolectadas según la frecuencia de recolección actual del servicio municipal. Se invitó a los representantes de las viviendas a participar en la caracterización de desechos sólidos brindándoles una inducción informativa y entrega de material. A los representantes de las viviendas se les brindó 6 bolsas, 3 de color verde y 3 blancas. Se les indicó a los representantes de las viviendas que en las bolsas blancas depositaran todos los desechos inorgánicos y en las bolsas de color verde, que depositaran los desechos orgánicos. Esto logro que los desechos sólidos fueran separados inicialmente para facilitar la caracterización de los desechos y facilitar la identificación de las bolsas utilizadas por parte de las familias participantes. Las muestras fueron trasladadas y almacenadas en una bodega para evitar que estas fueran dañadas por animales o deterioradas por el ambiente.

Las bolsas fueron trasladadas al salón municipal donde se realizó la caracterización de forma separada, una para desechos orgánicos y otra para desechos inorgánicos.

Para realizar la caracterización de los desechos, éstos fueron vertidos sobre una lona negra de 2 yardas cuadradas, para prevenir el vertido de lixiviados. Previo a la caracterización, se pesó el total de desechos orgánicos e inorgánicos utilizando una pesa. Como medidas de salud y seguridad para realizar la caracterización, se utilizó guantes de látex y mascarilla para prevenir el contacto con partículas y salpicaduras.

La metodología utilizada para realizar la caracterización fue la del cuarteo. Esta metodología consistió en acumular los desechos, luego homogenizarlos y dividirlos en 4 partes iguales: A B y C D (Ver figura 4), Se eliminaron las partes opuestas, por ejemplo: A y D o B y C, dejando un mínimo de 50 kg. De los 50 kg se homogenizaron nuevamente y se eliminaron las partes opuestas, hasta dejar un mínimo de 10 kg, el cual se utilizó para realizar la separación y clasificación.

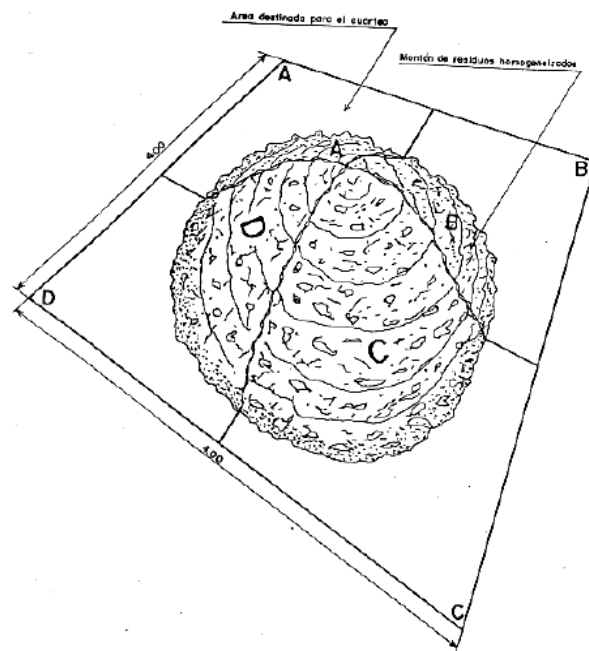


Figura 4. Método de cuarteo para caracterización de desechos sólidos (Secretaría de Comercio y Fomento Industria, 1985).

Determinación del peso, porcentaje en peso, volumen y porcentaje en volumen

Para determinar los tipos de desechos generados se utilizó una boleta la cual contiene las categorías en las que los desechos fueron clasificados como se observa en el cuadro 2. Para cada categoría se determinó el peso (kg), y volumen (m³) (Anexo 4).

Cuadro 2. Clasificación de desechos sólidos y sus categorías

Clasificación	Material
Inorgánico	Plástico
	Papel mojado
	Textiles
	Cartón
	Vidrio
	Duroport
	Electrónicos
	Latas Alum.
	Latas Hojalata
	Bolsas de snacks
	Electrodomésticos
	Tetrabrik
	Otros
Orgánico	Frutas, verduras, alimentos crudos
	Comida cocida
	Papel contaminado
	Total

Para la medición del peso se utilizó una pesa tipo carnicero la cual fue colgada de una viga y con un lazo se ataron las bolsas de basura que contenían los desechos por categoría que se deseaba pesar. Para la determinación del volumen se utilizó un contenedor cilíndrico de 86 cm de altura, 55.5 cm de diámetro y un peso de 17.5 lb. (7.94 kg) El volumen se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

Para la medición de la altura (h) de los desechos, estos fueron introducidos por categoría en el contenedor cilíndrico y con un metro se midió la altura a la cual estos llegaban dentro del contenedor.

En la determinación del porcentaje en peso por categoría se utilizó la siguiente fórmula:

Porcentaje en peso por categoría (%) =

$$\frac{Pc \times 100}{Pt}$$

Pc= peso de categoría

Pt= peso total

Al igual que en la determinación del porcentaje en peso, se realizó el mismo cálculo de la fórmula anterior, únicamente cambiando las variables de peso por las de volumen de la siguiente manera:

Porcentaje en volumen por categoría (%) =

$$\frac{Vc \times 100}{Vt}$$

Vc= volumen de categoría

Vt= volumen total

Fase 4: Propuesta del sistema de recolección

Se diseñaron las rutas óptimas dentro del casco urbano. Los criterios para el diseño de las rutas fueron: a) equitativamente distribuidas en cuanto a viviendas servidas y b) kilómetros recorridos dentro del casco urbano.

Se utilizó la herramienta de Network Analyst dentro del programa ArcMap 10 para diseñar las rutas más eficientes dentro el casco urbano.

Sectorización

La sectorización es la primera etapa del diseño de rutas. Consistió en dividir el casco urbano del municipio en sectores operativos. De manera que cada sector pueda ser cubierto por el vehículo recolector de una manera eficiente. En esta etapa se dividió el casco urbano en dos sectores, de manera que cada sector tenga el equipo de recolección y este sea utilizado de manera óptima

Diagramación

La metodología propuesta para el diseño de rutas para el proceso de recolección de desechos sólidos domiciliarios en el casco urbano del municipio de Purulhá consistió en obtener y analizar la información brindada por el encargado del servicio de recolección de desechos y el Departamento de Registro de Información Catastral. Con ayuda del encargado del servicio de recolección se localizaron puntos de recolección utilizando un mapa del catastro del casco urbano. Los puntos de recolección se tomaron como base para luego diseñar y proponer las rutas de recolección.

Para realizar la diagramación de la ruta, se utilizó el programa de cómputo ArcMap, utilizando la herramienta de Network Analyst, se realizó un análisis de redes con el objetivo de simular el desplazamiento del vehículo de recolección a través de las calles dentro de los sectores delimitados dentro del casco urbano. Se realizaron una serie de pruebas con el fin de encontrar la ruta óptima dentro de los

sectores previamente divididos. Se generaron mapas con la secuencia de la ruta dentro de las calles del casco urbano de Puruhá.

Análisis financiero

El análisis financiero se realizó con base en los costos fijos, costos variables y los ingresos del sistema de recolección y sus actividades. Al obtener la suma de los costos variables y costos fijos se obtuvo un costo total, lo cual dió como resultado el costo monetario total en quetzales. Los ingresos fueron evaluados con base en las tarifas mensuales de recolección establecidas y otros ingresos.

Para obtener los costos variables y costos fijos se utilizó el cuadro 5 en el cual se colocan los aspectos del sistema de recolección a evaluar para determinar el costo total del mantenimiento del sistema de recolección de desechos sólidos para el casco urbano del municipio de Purulhá.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del estado actual del sistema de recolección de desechos sólidos en Purulhá

6.1 Entrevistas

Análisis y síntesis del sistema actual con base en entrevista a la Directora de la Oficina de Servicios Públicos y personal involucrado

Según respuestas de los entrevistados, el sistema actual no satisface las necesidades actuales de la población por muchas razones. A continuación se sintetizan los puntos más relevantes de la entrevista que nos dan una pauta de la situación del sistema actual.

La municipalidad cuenta con un solo camión para realizar la recolección, es importante resaltar que el vehículo no solo es utilizado para la recolección, sino también lo utilizan para hacer otro tipo de viajes que solicite la municipalidad, ya que en algunos casos el camión puede estar en uso para la recolección, pero si la municipalidad lo solicita, se debe interrumpir la recolección y entregar el camión tal como está. En cuanto a la recolección en los barrios, se intenta cubrir la mayor cantidad de viviendas cuando el vehículo se encuentra disponible y si no se encuentra disponible la recolección se pospone para cuando el camión está disponible, causando problemas de higiene y salud a los usuarios del servicio al igual que al resto de la población. Esto causa problemas en cuanto a la recolección de los días establecidos y la frecuencia de recolección (Anexo 2 pregunta 7). También, en algunas ocasiones el camión no termina con el recorrido que corresponde, puesto a que no se da abasto, en estas ocasiones se pasa para otro día la recolección en las zonas en donde no pasó el camión, causando similares problemas (USAC/CUNOR, 2014).

Actualmente el camión se encuentra bastante deteriorado (figura 12), agregando que no recibe sus servicios de mantenimiento preventivo ya que no hay tiempo, ni tampoco otro camión que se pueda utilizar como remplazo para establecer un día

en el cual se le pueda brindar mantenimiento al vehículo recolector. Otro factor muy importante a destacar es que los ingresos de la tarifa no son los suficientes para cubrir los gastos de mantenimiento y remplazo de partes del vehículo. Según el encargado de recolección, la municipalidad no tiene como prioridad el tema de recolección de desechos sólidos, ya que no le ve un beneficio económico o lo ven como un problema, el cual no tiene prioridad o urgencia de solucionarlo.



Figura 5. Camión utilizado actualmente para el servicio de recolección de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Purulhá.

Cuadro 3. Detalles del vehículo utilizado para la recolección y transporte de desechos sólidos en Purulhá.

Año	2004
Tipo	Camión
Marca	Isuzu
Placa	0876BBR
Motor	Diésel 4 cilindros
Capacidad de carga	3 toneladas
Carga total por viaje	5 toneladas
Recolección por viaje	5 toneladas

Con base en el cuadro 2, se establece que el vehículo de recolección ha sido utilizado de una forma inadecuada alrededor de 11 años. En cuanto a su capacidad de carga (3 toneladas), el uso que se le da actualmente (5 toneladas) sobrepasa en un 166% por viaje. Debido a que el camión cuenta con una estructura metálica soldada en la parte trasera se incrementa la capacidad volumétrica de desechos que se pueden recolectar. El diseño de esta estructura puede generar impactos en la vida útil en el vehículo y riesgos ocupacionales y de salud, no solo de los recolectores, sino que también en la población del casco urbano al generar un posible volteo del vehículo dentro de las rutas o el sitio de disposición final. Evidentemente el vehículo recolector actual no es el adecuado, dando como resultado aumento en gastos operativos principalmente en piezas del vehículo como pastillas de freno, suspensión y alto consumo de combustible debido al sobrepeso, también se deben destacar los riesgos ocupacionales.

Un problema muy importante a destacar de la entrevista del anexo 2, es el factor financiero del servicio de recolección de desechos sólidos que provee la municipalidad. Esto radica principalmente en que no se tiene un control adecuado en cuanto al pago que los usuarios realizan para recibir el servicio, en algunos casos unos vecinos pagan por todo el año y otros solo por un tiempo determinado, esto crea confusión y desemboca en un servicio no sostenible, ya que la

municipalidad termina subsidiando alrededor del 70% de los gastos que se hacen para poder brindar el servicio a la población (Anexo 2 pregunta 8).

Se identifica también la carencia de un departamento específico que maneje el tema de los desechos sólidos, y mucho menos de la recolección. Únicamente se cuenta con una oficina de dirección de servicios públicos, la cual se encarga de tener un control de los pagos por el servicio que provee la municipalidad. Para el control, operación y recolección de los desechos sólidos se cuenta únicamente con el encargado de campo (Anexo 2 pregunta 3).

Las rutas por donde hace el recorrido el tren de aseo en el área urbana está compuesto por los 7 barrios los cuales son: Barrio El Calvario, Cementerio, San Antonio, La Cruz I, La Cruz II, El Centro y El Carpintero. Dentro del casco urbano se tiene un total de 1,325 viviendas, de las cuales reciben el servicio de recolección aproximadamente 465 viviendas en ciertas ocasiones y en otras no. Esto se debe a que no siempre las viviendas pagan el servicio y no se tiene un control definido. La ruta se extiende también en los caseríos de Pantín, Mezcal y Rincón el Quetzal, y finalizando en el sitio de disposición final ubicado en la Finca Las Canoas, ubicada a 3 km del casco urbano. Regularmente los días de recolección para las viviendas eran los días lunes, miércoles y viernes (USAC/CUNOR, 2014). Debido al tamaño del casco urbano y la cantidad de desechos que recogen, la frecuencia de recolección está sobreestimada, lo cual representa un gasto innecesario en combustible y recursos financieros. La frecuencia de recolección semanal se ve afectada por la introducción del mercado municipal ya que el alcalde estableció un compromiso con los vendedores del mercado, a quienes se les brindará el servicio de extracción de desechos diariamente, sin tomar en consideración la recolección domiciliar. Esto tiene un principal efecto en el diseño de las rutas ya que estas se han definido de forma empírica y se hacen modificaciones todos los días con base en la capacidad del camión, disponibilidad del camión y jornada laboral. No se tiene un número definido de rutas ya que estas cambian día a día y el único criterio utilizado se basa principalmente en abarcar la mayor cantidad de viviendas posibles por barrio

y si no se termina se continúa al día siguiente desde donde terminaron el día anterior. La jornada laboral es de 8 horas, sin contar una hora destinada para el almuerzo y 15 minutos de refacción, dando un total de 40 horas laborales a la semana. El horario de recolección es de 8:00 A.M. a 4:00 P.M. Aunque existen días que por los retrasos se extiende la jornada.

El personal destinado para el servicio de recolección está conformado por un piloto, cuatro ayudantes y el encargado de campo. Este personal no utiliza uniforme para realizar el trabajo, únicamente guantes, no reciben capacitación, ni están vacunados contra el tétano o la hepatitis. Los materiales que utilizan son escobas, costales y palas (USAC/CUNOR, 2014).

6.2 Encuestas a usuarios

Las encuestas a los usuarios fueron fundamentales para obtener una percepción poblacional en cuanto al sistema actual del servicio de recolección de desechos sólidos que brinda la municipalidad y en cuanto a la disponibilidad de la población para mejorar el manejo actual de los desechos sólidos en el municipio.

A continuación, se presentan las gráficas de las preguntas que brindan la información en cuanto a la percepción poblacional tanto en el ámbito del servicio de recolección de desechos sólidos municipal al igual que las preferencias y necesidades de la población en cuanto a un mejor sistema de recolección de desechos sólidos. Las preguntas fueron tabuladas con base a las personas que reciben el servicio de recolección de desechos municipal y las que no.

Con base en los resultados de las encuestas realizadas a las viviendas del casco urbano del municipio de Purulhá se establece que la disposición de los desechos en casa es un oficio que lo realiza cualquier miembro de la familia, esto es muy importante para determinar a quién se dirigen los programas informativos e inductivos para un mejor manejo y disposición de desechos sólidos en el hogar (figura 1). La municipalidad podría enfocar la educación ambiental a un nivel familiar en donde todos los miembros de la familia participen recibiendo información en cuanto al manejo de desechos. La adopción de prácticas y hábitos

sanitarios positivos forman parte del éxito de todo proyecto de recolección de desechos sólidos, ya que en el momento en que se inicie con un nuevo sistema de recolección de desechos sólidos, si el usuario no tiene los conocimientos previos le puede dar mal uso al sistema, teniendo como efecto que el ciclo del manejo de desechos sólidos sea un fracaso.

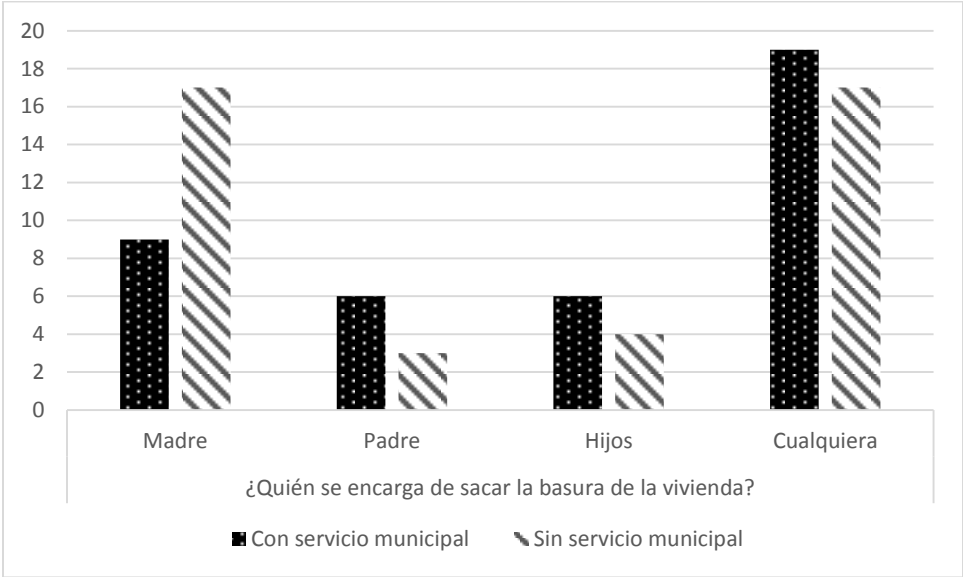


Figura 6. Persona encargada de la disposición de los desechos sólidos en casa, cualquier miembro de la familia realiza esta tarea de limpieza doméstica.

Por otro lado, es importante que la municipalidad pueda brindar su servicio a una mayor cantidad de viviendas dentro del casco urbano, ya que en las viviendas donde no se recibe el servicio de extracción municipal, las personas optan por quemar sus desechos o enterrarlos (figura 2). Estas formas de disposición son altamente nocivas para el ambiente y la salud de las personas por los gases que se generan durante la combustión de ciertos tipos de desechos.

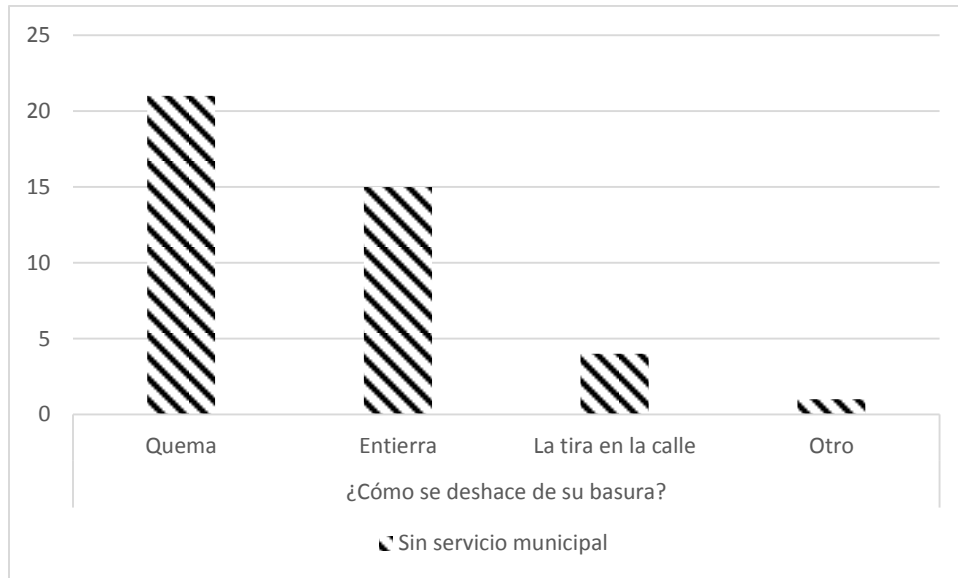


Figura 7. Forma de disposición de desechos sólidos de las personas que no reciben el servicio municipal.

Actualmente algunas viviendas reciben el servicio una vez a la semana (a pesar de que la frecuencia establecida está determinada por tres veces por semana), lo cual puede generar problemas de salud y malos olores dentro de las viviendas (figura 3), además de un descontento por pagar por un servicio que no reciben, causando posibles problemas financieros al sistema. Mejorando la frecuencia de recolección se reducen los riesgos de generar enfermedades tanto en las viviendas como la propagación de vectores en las calles al disponer de los desechos para que estos sean recolectados.

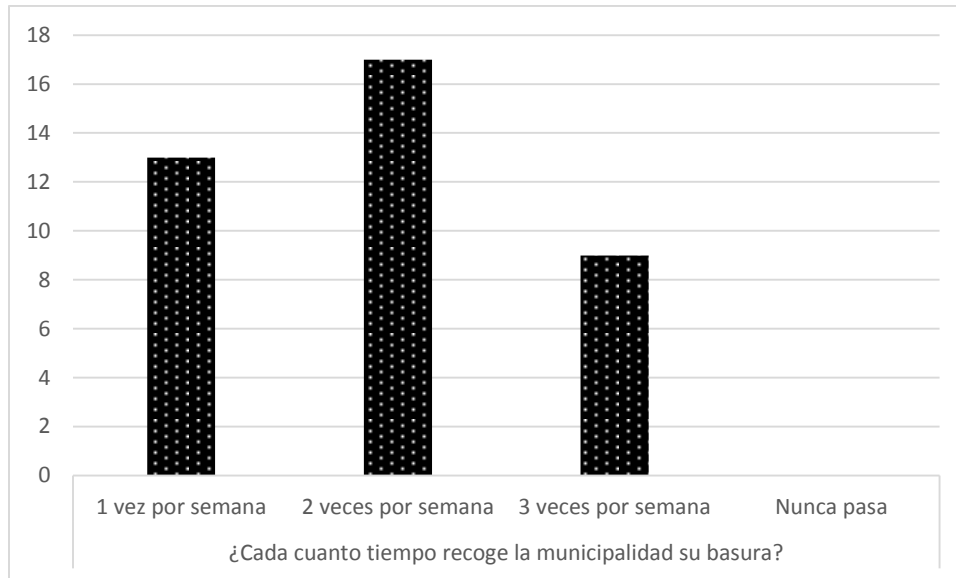


Figura 8. Frecuencia de la recolección del servicio municipal de las personas que reciben el servicio.

Una situación preocupante es la forma de manejo de sus desechos que realizan los usuarios del servicio municipal, al no recibir el servicio durante los días establecidos (Figura 4). De las 40 viviendas entrevistadas 25 confirmaron que guardan sus desechos en casa hasta que el servicio de recolección los recolecte. En ningún caso se debe dejar los desechos sólidos sin recolectar por más de una semana ya que origina proliferación de insectos y malos olores en las viviendas (BVSDE, 2015). El constante contacto con los desechos dentro de la vivienda puede causar lesiones, enfermedades respiratorias, enfermedades en la piel y hasta problemas intestinales (Ramírez, 1990). Uno de los principales vectores que puede afectar la salud de las personas por la acumulación de desechos en casa es la mosca, ya que esta por su mayor movilidad y su ciclo reproductivo, puede trasladar bacterias y contaminantes que causan enfermedades como tifoidea, paratifoidea, diarrea infantil etc. (Ramírez, 1990).

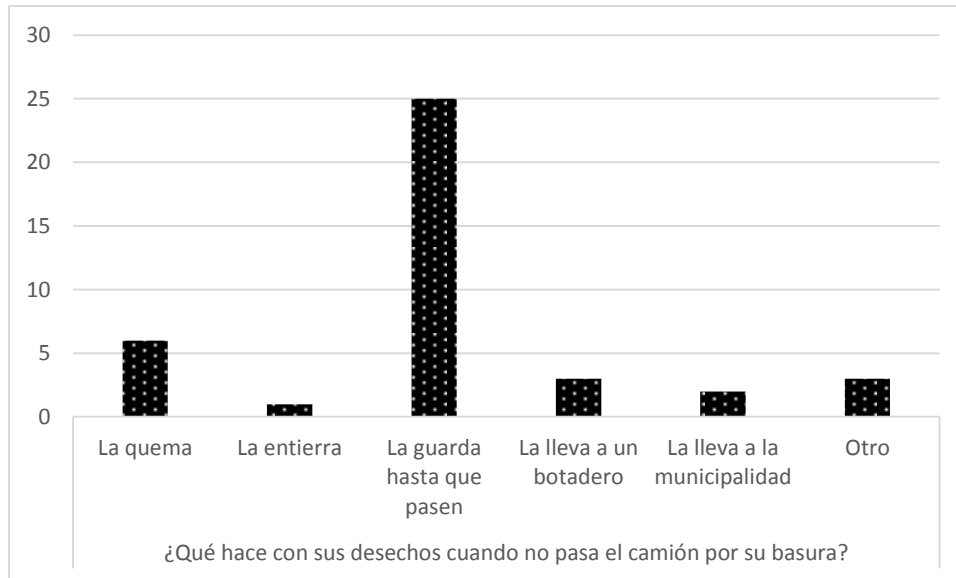


Figura 9. Manejo de los desechos en casa, en caso no se reciba el servicio de recolección municipal.

Actualmente la mayoría de usuarios de los 40 encuestados que utilizan el servicio (19) califican como regular el servicio de recolección de desechos municipal (Figura 5). Este resultado refleja que los usuarios se encuentran inconformes con el servicio que se les provee actualmente ya que dentro de los principales aspectos negativos, 17 encuestados están de acuerdo que el sistema de recolección actual carece del equipo vehicular suficiente para brindar el servicio óptimo a los usuarios. Es importante recalcar que otro aspecto muy importante en cuanto a la deficiencia del sistema actual de recolección es la falta de colaboración de los vecinos, esto puede ser causado por diferentes factores como la calidad del servicio mismo, el cual no motiva a los vecinos del casco urbano a utilizar el servicio municipal (Figura 6).

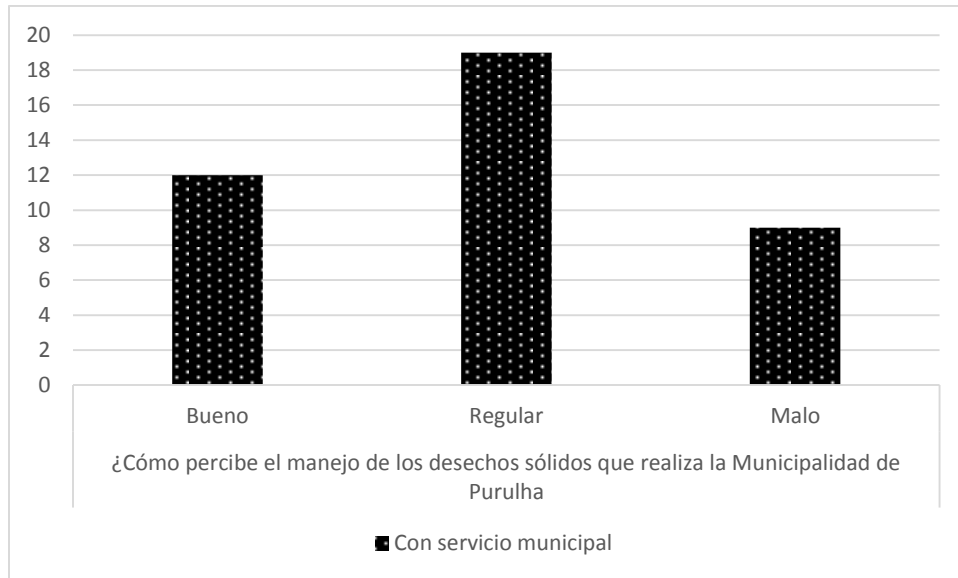


Figura 10. Percepción de la calidad del servicio actual que brinda la municipalidad

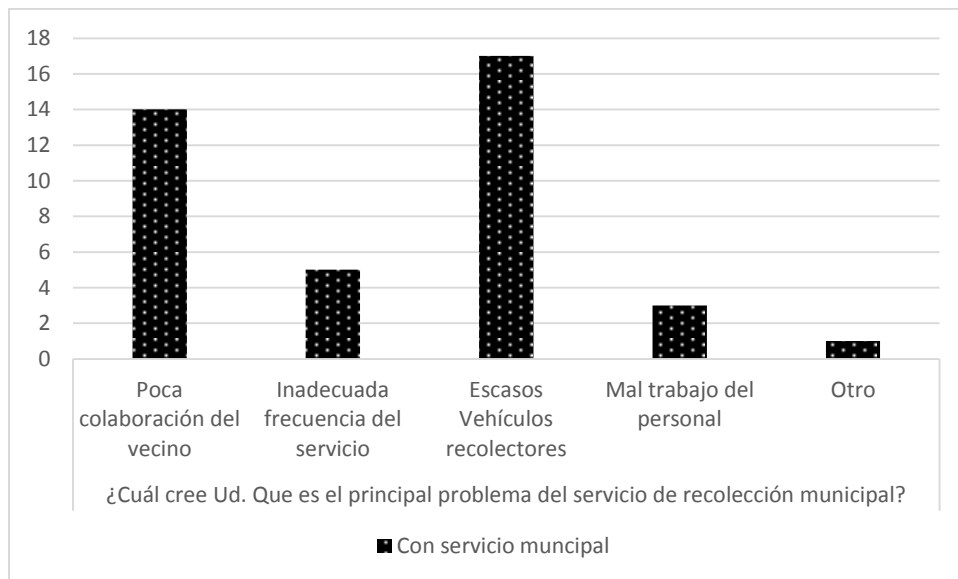


Figura 11. Problemas actuales del servicio de recolección de desechos sólidos municipal que perjudican la calidad del servicio

Para mejorar el servicio que provee la municipalidad es importante tomar en cuenta los aspectos técnicos que los usuarios del servicio destacan como oportunidades de mejora que la municipalidad debe de tomar en cuenta (Figura 12). La frecuencia de recolección debe ser la adecuada para evitarles molestias a los vecinos en cuanto a la disposición de sus desechos. Es imprescindible cumplir con las frecuencias establecidas semanalmente por el sistema de recolección (Sakuri, 2000). En cuanto a la población que utiliza el servicio es importante la adopción de prácticas y hábitos sanitarios positivos al igual que la realización de campañas educativas motivando la colaboración y participación efectiva de los ciudadanos del casco urbano. La municipalidad debe promover el saneamiento básico, cambiar hábitos y costumbres negativas al igual que desarrollar la capacidad local para involucrar a los ciudadanos en el correcto uso del sistema de recolección de desechos sólidos.

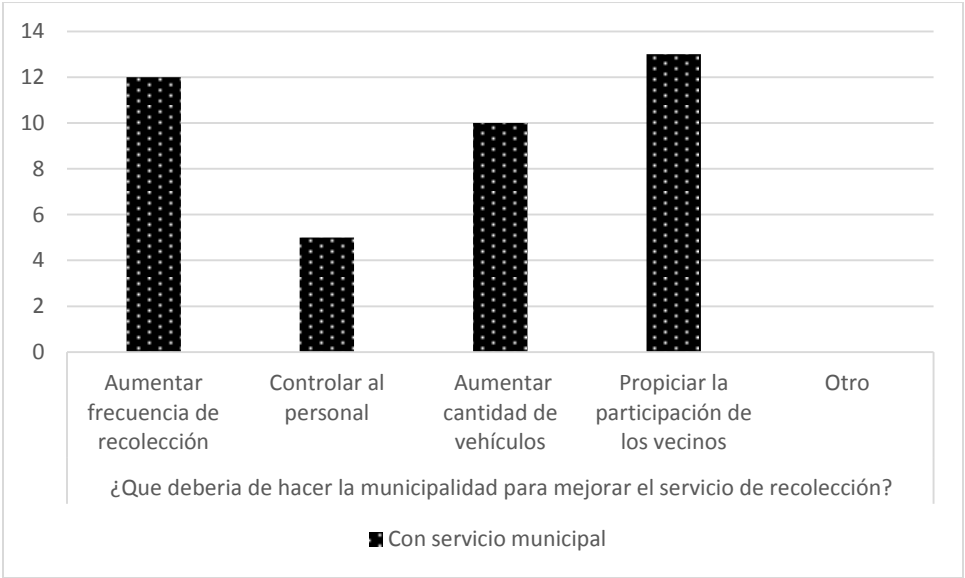


Figura 12. Aspectos a mejorar del servicio de recolección de desechos sólidos que provee la municipalidad.

6.3 Caracterización de desechos sólidos

Los resultados de la caracterización permitieron conocer la cantidad y composición de los desechos sólidos del sector urbano del municipio. Estos resultados son importantes para diferentes propósitos técnicos como se verán a continuación.

Es importante tomar en cuenta que el tema de la generación de desechos sólidos y su composición deben ser estudiados constantemente, en la metodología de esta investigación se realizó un único monitoreo con base en la frecuencia de recolección la cual era tres veces por semana, con el fin de tener una idea general de la composición de los desechos sólidos del casco urbano. Los estudios de caracterización de desechos sólidos deben ser realizados periódicamente ya que brindan información útil en cuanto a los requerimientos del equipo de recolección a utilizar, características y componentes del vertedero o relleno sanitario en donde se depositarán los desechos. Al no realizar estos estudios periódicamente, se corre el riesgo de realizar un manejo integrado de desechos sólidos ineficiente generando pérdida en recursos monetarios al igual que técnicos.

Esta caracterización provee bastante información, gran parte de esta no se utilizó para la presente investigación, pero puede ser utilizada como línea base para la municipalidad y otros estudios para el municipio de Purulhá, los cuales requieren de estos datos (Cuadro 4).

La caracterización de desechos sólidos se realizó durante el mes de marzo del presente año, esto es de mucha importancia ya que brinda información en cuanto a cómo está compuesta la generación de desechos sólidos en Purulhá normalmente durante la época de verano. Cabe resaltar que los resultados de una caracterización de desechos sólidos pueden variar según estaciones del año y temporadas festivas, ya que los patrones de consumo de ciertos productos por parte de la población pueden variar.

Cuadro 4. Resultados de la caracterización de desechos sólidos

Clasificación	Material	Peso (kg)	Peso por categoría (kg)	% Peso	Volumen (m ³)	Volumen por categoría (m ³)	% vol.
Inorgánico	Plástico	3.18	36.01	3.57	0.11	0.59	16.58
	Papel mojado	5.55		6.22	0.08		11.64
	Textiles	5		5.61	0.02		3.53
	Cartón	2.73		3.06	0.07		10.59
	Vidrio	9.55		10.7	0.02		3.53
	Duroport	0.32		0.35	0.06		9.53
	Electrónicos	5		5.61	0.02		3.53
	Latas Alum.	0.09		0.1	0.01		1.76
	Latas Hojalata	1.67		1.88	0.01		1.76
	Bolsas de snacks	1.16		1.3	0.09		7.16
	Electrodomésticos	0.62		0.7	0.01		6
	Tetrabrik	1.08		1.21	0.04		7.76
Otros	0.06	0.06	0.05	1.76			
Orgánico	Frutas, verduras, alimentos crudos	47.73	53.21	53.51	0.09	0.09	13.06
	Comida cocida	4.5		5.04			
	Papel contaminado	0.98		1.1			
Total		89.22	89.22	100	0.68	0.68	100

Con base en el cuadro 4, se establece que los desechos sólidos generados están compuestos en su mayoría por los desechos orgánicos. Con esta información se pueden generar planes específicos para el manejo de los desechos orgánicos, como por ejemplo separando los desechos orgánicos de los inorgánicos y aprovecharlos a través de compostaje en centros de acopio localizados dentro del municipio de Purulhá. Esto trae consigo beneficios en la disposición de los desechos orgánicos en el vertedero, ya que se reduce la cantidad de desechos, lo cual se traduce a una reducción en la producción de lixiviados y metano como parte del proceso de descomposición de los desechos orgánicos. A parte de los beneficios ambientales del manejo de los desechos orgánicos, la recolección de los desechos es más efectiva ya que se reduce la carga del vehículo recolector, dando como resultado reducción en gastos de combustibles y prolongando la vida útil del vehículo recolector.

Otro factor muy importante en resaltar en cuanto a la caracterización y el aprovechamiento de los desechos sólidos, es el valor económico de ciertos desechos inorgánicos. Desechos como botellas plásticas (PET), latas, cartón y papel son de los desechos que comúnmente son destinados a su disposición sin algún aprovechamiento alguno. Con una separación inicial en casa, estos desechos pueden ser recolectados y almacenados para su venta a empresas o personas que se dediquen a la compra de estos materiales. Esto trae como resultado un ingreso económico el cual beneficiaría a la municipalidad al ser un ingreso económico más. Los recursos económicos derivados de la venta de materiales reciclables pueden ser utilizados para gastos administrativos y operativos del servicio de recolección de desechos sólidos, a la vez reduciendo el subsidio que otorga la municipalidad a este servicio público.

6.4 Generación per cápita en el casco urbano del municipio de Purulhá

Obtenidos los pesos de los desechos se obtuvo el cálculo al utilizar la siguiente fórmula. Este dato sirve posteriormente para encontrar la generación total del lugar en estudio y es imprescindible para determinar el número de viajes del sistema de recolección.

$$GPC = \frac{kg \text{ recolectados } /7}{N \text{ de habitantes}}$$

Donde:

GPC= Generación per-cápita (kg./hab./día)

kg Recolectados = peso total de las bosas recaudadas en una semana

N de habitantes= sumatoria del número de personas de todas las viviendas muestreadas

$$GPC = \left(\frac{(89.2/7)}{43} \right)$$

$$GPC= 0.30 \text{ kg. /hab. /día (4.6lb/hab./día)}$$

6.4.1 Generación total de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Purulhá

$$GT = GPC \times P$$

Dónde:

GT = Generación total

GPC= Generación per cápita

P= población total dentro del casco urbano

$$GT = 0.30 \text{ kg/hab./dia } \times 4629 \text{ hab.}$$

$$GT = 1388.70 \text{ kg/dia (3,110.688 lb/día)}$$

6.5 Propuesta del sistema de recolección

Cálculo de la cantidad de desechos por ciclo de recolección (R)

En el presente sistema de recolección se propone una frecuencia de recolección de dos veces por semana con base en la cantidad de desechos per cápita que se generan. De esta forma se obtiene que los ciclos se componen de la siguiente

forma. El ciclo 1 recolecta los residuos acumulados de cuatro días y el ciclo 2 de tres días. Por lo tanto se toma cuatro días como criterio de diseño:

$$R_{4días} = GPC \times P \times 4$$

Donde:

GPC= generación per cápita

P= población

$$R_{4días} = 0.30 \frac{kg}{hab.* dia} \times 4629hab \times 4días$$

$$R_{4días} = 5,554.8 kg = 5.555 toneladas$$

Cantidad de viajes necesarios para recolectar un ciclo

$$Viajes = \frac{R_{4 días}}{Cr}$$

Donde:

Cr = capacidad del camión recolector definida en 3 toneladas/viaje.

En este caso, se propone utilizar un camión de 3 toneladas debido a que este es el único camión con el cual cuenta la municipalidad.

De este modo se obtiene:

$$Viajes = \frac{5.555 toneladas}{3 toneladas/viaje} = 1.85 \approx 2 viajes$$

Cada viaje, en términos de recolección, corresponde a un sector con su respectiva ruta. En este caso la simplificación es válida ya que el casco urbano es pequeño.

Factor de capacidad de los camiones recolectores:

Primera recolección de la semana:

$$R_{4\text{días}} = 5.555 \text{ toneladas}$$

$$F_c = \frac{5.555 \text{ toneladas}}{3 \text{ toneladas /viaje} \times 2 \text{ viajes}} \times 100\% = 92.58\%$$

F_c = Factor de capacidad de los camiones recolectores

Segunda recolección de la semana

$$R_{3\text{días}} = 0.30 \text{ kg /hab. /dia} \times 4629\text{hab.} \times 3\text{días}$$

$$R_{3\text{días}} = 4166.1 \text{ kg} = 4.166 \text{ toneladas}$$

$$F_c = \frac{4.166 \text{ toneladas}}{3 \text{ toneladas /viaje} \times 2 \text{ viajes}} \times 100\% = 69.43\%$$

Con el cálculo de factor de capacidad se determina que el camión de capacidad de 3 toneladas que se utilizará en la recolección, no utilizará en un 100% su capacidad máxima de carga. Esto mejora la vida útil del vehículo, reduciendo costos en combustible y se reduce el desgaste de piezas.

6.6 Diseño de Rutas

Macro ruteo

Con base en los resultados del cálculo de los viajes necesarios para recolectar un ciclo, se determinó que son necesarios dos viajes que cubran todo el casco urbano. Por lo tanto, el casco urbano se dividió en dos sectores, tomando como criterio que cada sector tuviera una cantidad de casas óptima y equitativa para no sobrepasar la capacidad del camión recolector y evitar sobrecargar el trabajo en un sector respecto al otro. La figura 13 muestra la división de los sectores del casco urbano.

Propuesta de Sectorización Casco Urbano Municipio de Purulhá, Baja Verapaz



Leyenda

Sectorización



Figura 13. Sectorización para el casco urbano del municipio de Purulhá, Baja Verapaz.

Propuesta de rutas para los sectores del casco urbano

Para el diseño de las rutas se tomó como base la distancia recorrida y se estableció que la recolección sería en ambos lados de la calle al mismo tiempo. Se establecieron puntos de inicio y fin de la ruta, tomando el garaje del vehículo recolector como punto de inicio y la carretera principal en dirección al vertedero como punto final.

PROPUESTA DE RUTA
SECTOR 1
CASCO URBANO, MUNICIPIO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

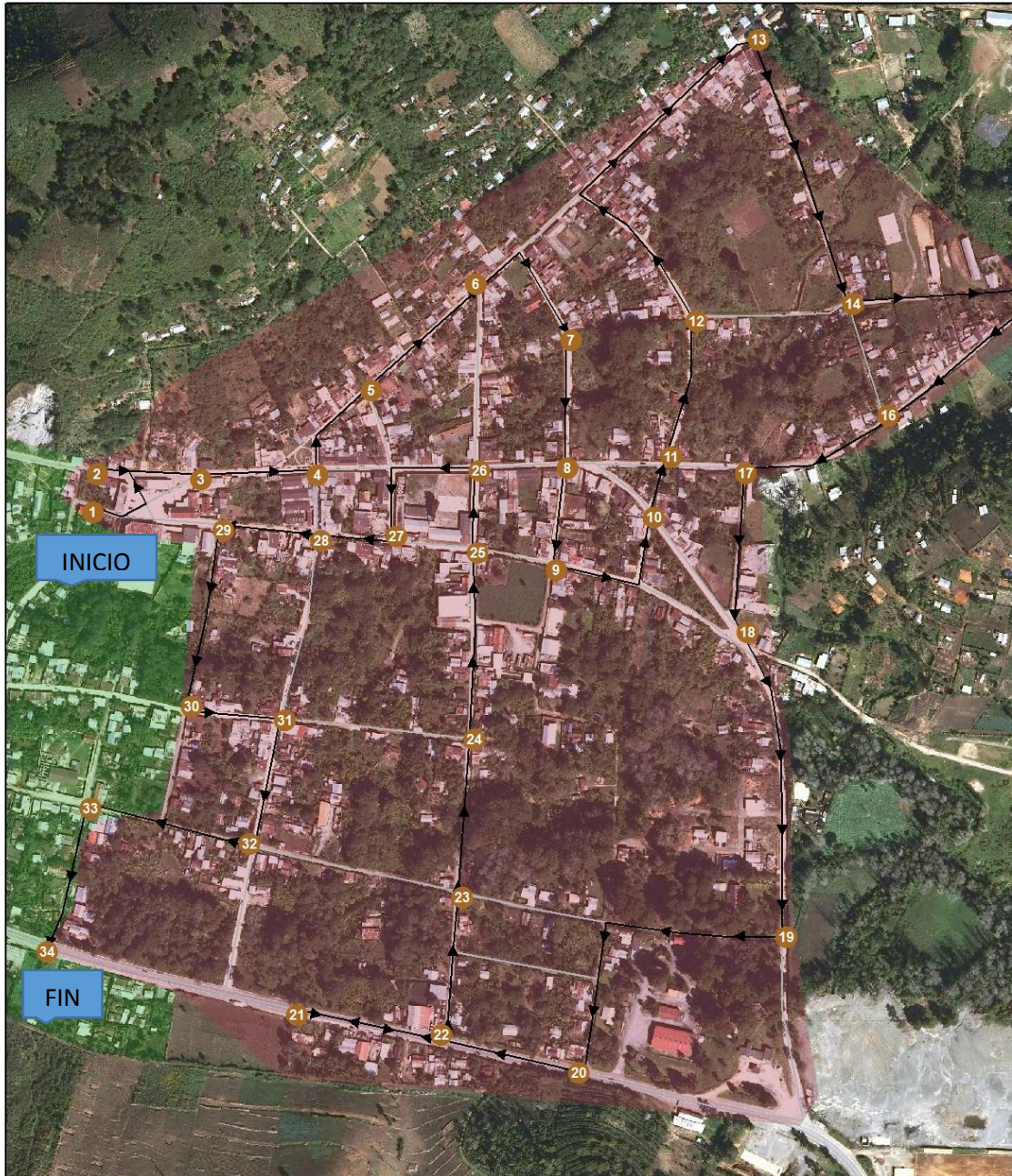


Figura 14. Propuesta de ruta para el sector 1 del casco urbano del municipio de Purulhá

PROPUESTA DE RUTA
SECTOR 2
CASCO URBANO, MUNICIPIO DE PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

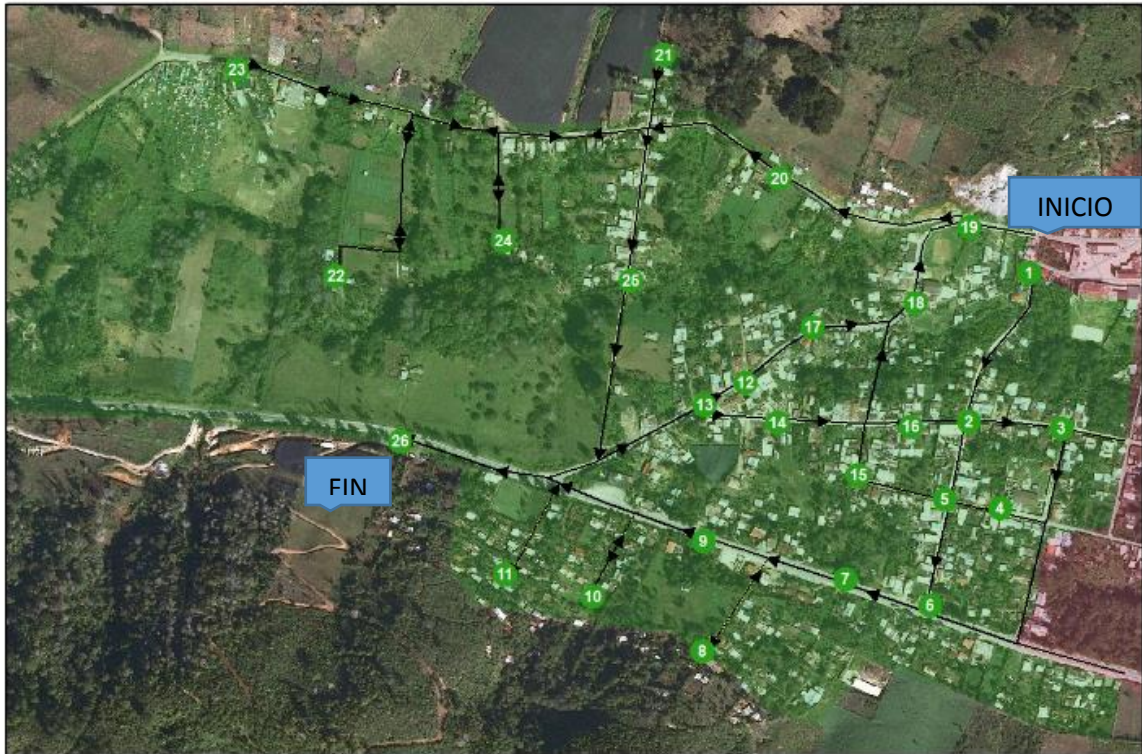


Figura 15. Propuesta de ruta para el sector 2 del casco urbano del municipio de Purulhá.

La ruta óptima fue resultado de un análisis de redes con el objetivo de simular el desplazamiento del vehículo de recolección a través de las calles dentro de los sectores delimitados dentro del casco urbano, con el fin de reducir emisiones de CO₂, consumo de combustible, brindar un servicio óptimo y satisfacer las necesidades de los usuarios en la disposición adecuada de sus desechos sólidos. El diseño de la ruta permitirá mejorar la operación y funcionamiento del equipo, aprovechando los recursos humanos y financieros, y disminuyendo la proliferación de tiraderos clandestinos en las calles del casco urbano del municipio.

Es fundamental que la población esté informada de los cambios en cuanto a las rutas y frecuencia de recolección de desechos sólidos, para poder así obtener la

colaboración y participación, tomando como base los beneficios sanitarios y de calidad ambiental.

Las rutas generadas están basadas en el conocimiento de la información obtenida en las fases de campo y resultados obtenidos en esta investigación, por lo tanto esta solución práctica empatiza con la optimización teórica, brindando todos los beneficios que conlleva.

Las rutas para ambos sectores fueron diseñadas para brindar el servicio a la mayor cantidad de viviendas posibles, tomando como prioridad servir las calles con mayor densidad de viviendas, realizando la recolección en ambos lados de la calle, a través de la ruta óptima con el fin de reducir la cantidad de kilómetros recorridos.

Cabe resaltar que en las calles donde no se observa la trayectoria del recorrido, se establece que esta recolección puede ser realizada a pie por el personal encargado. De esta manera se reduce el tiempo de viaje de la recolección, se minimizan gastos de combustible y brinda tiempo para el acomodamiento de los desechos dentro del vehículo. Se identificaron calles en las cuales existen viviendas y terrenos vacíos y las pendientes son muy pronunciadas, por esta razón se evita recorrer estas calles y se aconseja la recolección a pie por parte de la tripulación del vehículo de recolección. Ambas rutas parten del lugar donde es almacenado el vehículo de recolección y terminan en calles principales en dirección al lugar de disposición final esto con el fin de hacer el proceso de recolección más eficiente y cumplir con las directrices en el diseño de rutas.

El cuadro 5 muestra las características de cada ruta y los días en los cuales pueden ser empleadas para establecer una frecuencia de recolección

Cuadro 5. Características de las rutas de recolección

Ruta	Sector	Viviendas servidas	Distancia total recorrida de las rutas (km)	Días de recolección	Frecuencia	Horario
Ruta 1	1	662	5.43	Lunes y Jueves	2 veces por semana	8:00 a.m. – 4:00 p.m.
Ruta 2	2	663	5.96	Martes y Viernes	2 veces por semana	8:00 a.m. – 4:00 p.m.

En cuanto al peso total de desechos sólidos recolectados se establece que el día lunes sería el día de la semana en el cual mayor cantidad de desechos se recolectará.

Dentro de los días de recolección no se toma en cuenta el día miércoles, ya que es importante establecer un día de la semana para brindarle servicio mecánico al vehículo recolector, y cubrir cualquier imprevisto que pueda suceder durante los demás días de recolección.

6.7 Análisis Financiero

El cuadro 4 muestra los ingresos y egresos monetarios, del mantenimiento del servicio de recolección de desechos sólidos que brinda la Municipalidad. Los datos fueron obtenidos a través de la Dirección de Administración Financiera Municipal (DAFIM) y de la Dirección de Servicios Públicos, así como el encargado del

sistema de recolección de desechos sólidos. Tales datos se reflejan a continuación:

Cuadro 6. Costo mensual actual del mantenimiento del servicio de recolección de desechos, Municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz, 2015.

INGRESOS	Valor Mensual	Observaciones
Tarifa mensual	Q 4,650.00	Tarifa mensual de Q10.00 por vivienda (465 viviendas que reciben el servicio actualmente)
Subsidio de la municipalidad	Q 28, 365.61	
Subtotal	Q 33,015.61	
EGRESOS		
Costos Variables		
Combustible	Q 5,600.00	Normalmente se llena dos veces la semana con Q.700.00 de diésel cada vez
Costos fijos		
Salarios de operarios	Q 15,000.00	6 operarios con un salario mensual de Q. 2,500 cada uno`
Salario de área administrativa	Q 10,515.61	2 personas con un salario de Q5,257.62 cada uno
Papelería	Q 500.00	
Equipo de recolección	Q 800.00	
Mantenimiento del vehículo	Q 600.00	Cada 3,000 km
Subtotal	Q 33,015.61	
Saldo total	Q 0.00	

(Municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz, 2015)

El cuadro 5 da a conocer que el sistema actual no es sostenible ya que la municipalidad subsidia gran parte de los gastos necesarios para mantener en funcionamiento el servicio de recolección de desechos sólidos, dando como resultado un saldo total de Q0.00. Estos son datos promedio con los cuales se tiene registro en dichos departamentos, ya que en algunos meses pueden variar por distintas razones como lo son la falta de pago por los usuarios, imprevistos durante la recolección, fallos mecánicos del vehículo, etc. Un factor importante es

la falta de ingresos de la tarifa mensual que pagan las viviendas que reciben el servicio, por lo tanto, cabe resaltar la importancia de aumentar la cantidad de usuarios del servicio de recolección con esta propuesta 100% incluyente, ya que esto aumentaría la cantidad de ingresos en tarifas (Q 13,250.00,) reduciendo así el subsidio que brinda la municipalidad para el servicio (Cuadro 7).

Dentro de la papelería utilizada, esta es principalmente para la generación de facturas y documentación interna dentro del departamento de servicios públicos. En cuanto al equipo de recolección se incluyen todos los materiales utilizados para realizar la recolección, bolsas, sacos, escobas, guantes y palas. El costo respectivo del equipo de recolección se debe principalmente al deterioro y uso constante durante la recolección.

En cuanto al saldo total equivalente a Q0.00, se establece que la municipalidad no obtiene algún beneficio monetario, el sistema actual representa un gasto más en cuanto al manejo financiero de las actividades de la municipalidad. Cabe resaltar que aunque es un gasto, el beneficio de mantener el servicio de recolección de desechos sólidos se visualiza a través de la parte ambiental y salud pública ya que es para beneficio de la población del casco urbano, en el sentido que no se tienen focos de contaminación y las formas de disposición de los desechos sólidos es la adecuada. De esta manera se disminuyen las posibilidades de impactos y degradación de los recursos naturales y salud pública. Otro beneficio es el cumplimiento de la normativa a través del artículo 72 del Código Municipal de Guatemala, en el cual hace énfasis en las competencias municipales principalmente en los servicios públicos.

Es fundamental que la municipalidad sea competente en el área administrativa y financiera del sistema de recolección de desechos sólidos, ya que realizando cambios como el incremento de cuotas, aumento de usuarios y disminución de costos innecesarios, pueden dar como resultado disminución en el costo de mantenimiento. Por otra parte, La organización interna y el registro de los ingresos y egresos es vital para mantener y mejorar el control de la gestión financiera.

Cuadro 7. Costo mensual de la propuesta de servicio de recolección de desechos para la municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz.

INGRESOS	Valor Mensual	Observaciones
Tarifa mensual	Q 13,250.00	Tarifa mensual de Q10.00 por vivienda (1,325 viviendas que existen en el casco urbano del municipio)
Subsidio de la municipalidad	Q 20,165.61	
Subtotal	Q 33,415.61	
EGRESOS		
Costos Variables		
Combustible	Q 5,600.00	Normalmente se llena dos veces la semana con Q.700.00 de diésel cada vez
Costos fijos		
Salarios de operarios	Q 15,000.00	6 operarios con un salario mensual de Q. 2,500 cada uno`
Salario de área administrativa	Q 10,515.61	2 personas con un salario de Q5,257.62 cada uno
Papelería	Q 500.00	
Equipo de recolección	Q 800.00	
Mantenimiento del vehículo	Q 1000.00	Cada 3,000 km
Subtotal	Q 33,415.61	
Saldo total	Q 0.00	

Con base en el análisis financiero del sistema actual, se identifica que al incrementar el número de viviendas dentro del servicio de recolección de desechos sólidos se aumenta los ingresos de la tarifa mensual. Lo cual trae como resultado reducción en el subsidio que brinda la municipalidad a este servicio público. Otro dato muy importante es el aumento en el costo de mantenimiento del vehículo recolector, este aumenta se debe a que el vehículo actual requiere de reparaciones inmediatas las cuales podrían aumentar la vida útil del vehículo. Dentro de estas reparaciones se prioriza el cambio de llantas, mantenimientos correctivos y preventivos. Esto con el fin de ser una acción a tomar inmediatamente.

VII. CONCLUSIONES

- El sistema actual de recolección de desechos sólidos carece de capacidad técnica, operativa y administrativa, lo cual genera un servicio muy pobre hacia la población dentro del casco urbano de Purulhá.
- Las formas de disposición de los desechos sólidos por parte de la población que no utiliza el servicio de recolección municipal es nociva para el medio ambiente y dañina para la salud de la población.
- De la encuesta realizada se determinó que la población del casco urbano de Purulhá califica al servicio actual de recolección como regular.
- Las familias participantes en el estudio de caracterización de desechos sólidos demostraron voluntad de realizar una separación inicial de los desechos sólidos previo a su disposición. Esto da como resultado que es factible la introducción de programas de recolección selectiva de desechos sólidos ya que la población muestra el interés por mejorar el manejo de los desechos sólidos en el municipio de Purulhá.
- La recolección de desechos sólidos es una tarea bajo la responsabilidad de la municipalidad de Purulhá, la cual se ve afectada por serias limitaciones para su eficiente desempeño, una de estas limitaciones es la falta de organización interna en los departamentos relacionados al sistema de recolección y la falta de interés por parte de la municipalidad en cuanto al manejo de los desechos sólidos.
- La propuesta del sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios tiene como fin optimizar la recolección dentro del casco urbano del municipio, para poder brindar un buen servicio, reducir costos, emisiones de gases nocivos a la atmosfera y contribuir al ornato del municipio de Purulhá
- A través del análisis financiero se concluye que la municipalidad no genera algún beneficio monetario de la recolección de desechos sólidos, pero se establece que el beneficio de mantener el servicio de recolección de desechos sólidos se visualiza a través de la parte ambiental y salud pública ya que es para beneficio de la población del casco urbano, en el sentido

que no se tienen focos de contaminación y las formas de disposición de los desechos sólidos es la adecuada.

- La separación inicial de desechos sólidos realizada en las viviendas promovería un sistema de recolección selectiva en el cual se puedan aprovechar los desechos orgánicos e inorgánicos, promoviendo una recolección más eficiente y nuevos ingresos a la municipalidad de Purulhá.

VIII. RECOMENDACIONES

- Es fundamental que se deba de realizar una investigación la cual tenga como objetivo principal brindar la solución en cuanto al manejo y disposición final de los desechos sólidos recolectados, con el fin de poder integrarlo y formular un plan completo de manejo de desechos sólidos para el casco urbano del municipio de Purulhá.
- Dar seguimiento a la caracterización de desechos sólidos periódicamente dentro del casco urbano periódicamente, para actualizar datos e información necesaria y con esto realizar comparaciones de la generación de desechos sólidos de la población, para mejorar el manejo integral de los desechos sólidos.
- Los vehículos destinados a la recolección de desechos sólidos deben ser utilizados estrictamente para la recolección y no para otras actividades de la municipalidad ya que esto promueve la vida útil del vehículo, se reducen impactos y deterioro en el vehículo.
- Para futuros estudios de caracterización de desechos sólidos es importante brindarle a la población los instrumentos e instrucciones necesarias para poder llevar a cabo el estudio. Se recomienda que las familias participantes en el estudio realicen una separación inicial para facilitar la caracterización de desechos sólidos.
- Para recopilar información de parte de la población del municipio es importante realizar encuestas fáciles de entender y que no requieran de mucho tiempo para realizar, ya que esto promueve la participación de la población incluyendo los diferentes estratos sociales.
- Promover a las familias participantes en el estudio de caracterización de desechos sólidos a realizar una separación inicial de los desechos, para facilitar la caracterización y conservar tiempo durante esta actividad.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Benavente, L. (2012). *Propuesta técnica para manejo de los desechos sólidos generados en el sector del mercado del municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango*. Universidad Rafael Landívar, Campus Central. Recuperado el 5 de Agosto de 2014, de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/15/Benavente-Lourdes.pdf>
- Campos, I. (2003). *Saneamiento Ambiental*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Corbitt, R. (2003). *Manual de Referencia de La Ingeniería Medioambiental*. España. McGraw Hill.
- Domingo, J. A. (2010). *Importancia de una implementación de una legislación y política integral en el manejo de desechos sólidos en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 1 de Octubre de 2014, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_8238.pdf
- Estrada, R. (2013). *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, urbano residencial*. Universidad de Manizales. Recuperado el 20 de Octubre del 2014 de, <http://es.slideshare.net/Rossotoledo/caracterizacin-de-los-residuos-slidos-domiciliarios>
- García, L. y Aburto, A. (2003). *Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos*. Gobierno de Nicaragua. Recuperado el 11 de Julio de 2015 de, <http://www.inifom.gob.ni/areas/Documentos/Instrumentos%20SSMM/manual%20de%20desechos%20s%C3%B3lidos.pdf>
- Greenpeace. (2014). *Basura Cero*. Recuperado el 2 de Octubre de 2014 <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-cero/>
- Grupo Móvil Institucional. (2015). Censos 2014: Municipio de Purulhá.

IARNA (2003). *Perfil Ambiental de Guatemala: Generación y Manejo de Desechos Sólidos en Guatemala*.

IARNA (2009). *Gestión local y Gobernabilidad local. Guatemala*. INGEP. Recuperado el 5 de Octubre de 2014 de http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/INGEP-URL/Pub_comp_coed_14.pdf

IARNA (2008). *Perfil Ambiental de Guatemala 2006-2008*. Recuperado el 18 de Agosto de 2014, de: http://www.infoiarna.org.gt/media/file/PERFAM2008/CAP3/3.6_clima.pdf

IARNA (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2006-2008: Vulnerabilidad Local y Creciente Construcción de Riesgo*.

Lund, H. F. (1998). *Manual McGraw-Hill de Reciclaje Volumen I & II*. México. McGraw Hill.

Mijangos, N. (2002). *Manejo Integral de Desechos Sólidos del Complejo de Parques del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA): Acuático Xocomil, Vacacional Tzapotitlan y Temático Xetulul ubicados en San Martin Tzapotitlan, Retalhuleu: Fase I*. Universidad del Valle de Guatemala.

Moreno J. y Arriaga P. (2006). *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios (Eco eficiencia)*. Recuperado el 15 de Octubre del 2014, de http://www.adingor.es/Documentacion/CIO/cio2006/docs/000226_final.pdf

Naciones Unidas. (2009). *Informe Nacional Sobre Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw/ni/ni_pdfs/NationalReports/quatemala/waste.pdf

- Pérez, G. (2011). *Cuando la basura nos alcance: el impacto de la degradación ambiental*. México. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- Prieto, C.J. (2005). *Basuras: manejo y transformación práctico-económico*. Bogotá, D.C. Eco ediciones Ltda.
- PROARCA/SIGMA (2004). *Reporte Nacional de Manejo de Residuos en Guatemala: Informe General*.
- PNUMA (1999). *Manual de legislación ambiental de Guatemala*. IDEADS. Recuperado el 1 de Octubre de 2014, de [http://ceur.usac.edu.gt/Biocombustibles/20 Manual de Legislacion Ambiental de Guatemala PNUMA.pdf](http://ceur.usac.edu.gt/Biocombustibles/20%20Manual%20de%20Legislacion%20Ambiental%20de%20Guatemala%20PNUMA.pdf)
- República de Guatemala. (1995). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos*. Guatemala
- República de Guatemala (2005). *Acuerdo Gubernativo No. 111-2005*. Recuperado el 6 de Octubre de 2014, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd38/Guatemala/A-111-05.pdf>
- Sakuri, K. (2000). *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*. CEPIS/OPS. Recuperado el 20 de Octubre de 2014, de <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/rapidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (1985). *Norma Mexicana: NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-muestreo- método de cuarteo*.
- SEDESOL (2015). *Manual Técnico Sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales*. Recuperado el 30 de Julio de 2015, de http://www.sustenta.org.mx/3/wp-content/files/MT_ManualTecnicosobreGeneracionRecoleccion.pdf

Tchobanoglous, G. y Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. United States of America. McGraw Hill.

Tchobanoglous G., Theissen H. y Eliassen R. (1982). *Desechos Sólidos Principios de Ingeniería y Administración*.

Tchobanoglous G., Theisen H. y Vigil S. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. United States of America. McGraw-Hill, Inc.

USCA/CUNOR. 2014. Plan de Manejo de Desechos Sólidos Municipales Purulhá Baja Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala Norte.

X. ANEXOS

Anexo 1. Legislaciones existentes en Guatemala sobre el tema de desechos sólidos.

Ley	Decreto- Acuerdo	Responsable Aplicar	Aplicación
Código Civil	Decreto ley 106 del Congreso de la República de Guatemala	De observancia general	Sanciona por arrojar basura, animales muertos, sustancia fétidas, insalubres o peligrosas o escombros en las calles o sitios públicos o fuentes o abrevaderos
Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente	Decreto 68-86 del 19 de Diciembre de 1986	Ministerio de Ambiente Recursos Naturales	de Exige las evaluaciones de impactos ambiental para las actividades productivas y vela por localidad ambiental a nivel nacional
Código Municipal	Decreto 12-2002 del 9 de mayo del 2002	Municipalidades del país	Asigna la principal responsabilidad por la buena gestión de los desechos sólidos de las municipalidades
Consejo Nacional para el manejo de los desechos sólidos CONADESCO	Acuerdo gubernativo 700-97 del 10 de Septiembre de 1997	MARN, Ministerio de salud pública, INFOM, ANAM, CACIF, ERIS, USAC, INGUAT, AMSA y SEGEPLAN	Comisión interinstitucional de carácter asesor al ministerio en materia de gestión de desechos sólidos
Decreto 1004 del Congreso de la República de Guatemala	Decreto 1004 del Congreso de la República de Guatemala	Ministerio de agricultura (MAGA)	de Prohibición de descargar aguas servidas, sustancias vegetales o químicas y desechos en los

				ríos y lagos
Código de Salud	Decreto 90-97	Ministerio de Salud	de	En la sección IV capítulo IV regula todo lo relativo al manejo de los desechos sólidos
Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala	Aprobado por el concejo municipal el 26 de septiembre de 2002	Municipalidad de Guatemala	de	EL reglamento se emite en cumplimiento de lo preceptuado en la Constitución de la Republica, código municipal y ley de protección y mejoramiento del medio ambiente
Reglamento para el manejo integral de los desechos sólidos municipales	En discusión en CONADESCO	Ministerio de ambiente recursos naturales, Ministerio de salud pública	de y	El reglamento tiene como objetivo dar cumplimiento al código de salud y ley de protección y mejoramiento de medioambiente
Reglamento para el manejo de residuos sólidos hospitalarios	Acuerdo gubernativo 509-2001 del 20 de diciembre del 2001	Ministerio de salud pública		El reglamento tiene como objetivo cumplir con el artículo 106 del código de salud y de otras leyes de la materia
Reglamento de gestión de desechos radioactivos	Acuerdo gubernativo 559-98 del 4 de septiembre 1998	Ministerio de energía y minas	de	Regula las obligaciones de toda persona natural o jurídica sobre el uso y aplicación de radioisótopos y radiaciones ionizantes
Convenio centroamericano sobre los movimientos transfronterizos de desechos	Decreto 6-94 del Congreso de la República	Ministerio de ambiente recursos naturales, ministerio de salud pública	de y	Vigilar el cumplimiento del convenio

peligrosos

Convenio mundial sobre el control internacional de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos	Decreto 3-95 del congreso de la república	del de la	Ministerio de ambiente recursos naturales, ministerio de salud pública	de y	Vigilar cumplimiento del convenio	el del
---	---	-----------	--	------	-----------------------------------	--------

(IARNA, 2003).

Anexo 2. Cuestionario de entrevista dirigida al encargado del departamento específico de información de servicios públicos

Entrevista dirigida a la Directora de la Dirección de Servicios Públicos de la municipalidad de Purulhá

Entrevistada: Jakelin Gómez

1. ¿Cuál es el manejo actual de los desechos sólidos en el casco urbano de Purulhá?

“Únicamente se recolecta en las viviendas y se exporta hacia el basurero” ¿Ese basurero cuál es? “Está ubicado como a media hora de ida y media hora de regreso más o menos. Lo único es que está ubicado en la parte alta del municipio en una como montaña entonces al final afecta un poco, porque eso se filtra y afecta a los vecinos.

2. ¿La municipalidad ha considerado centros de acopio otra ubicación para la disposición final? “no”

3. ¿Existe algún departamento específico dentro de la municipalidad de Purulhá, ya sea de saneamiento ambiental o en relación al tema de desechos sólidos?

“Únicamente la oficina de dirección de servicios públicos” través del encargado de campo ¿Quién es el encargado del campo? Don Rancel Saenz

4. ¿Existe algún reglamento para el manejo de los desechos sólidos?

“No, no existe reglamento”

5. ¿La municipalidad brinda el servicio de recolección de desechos sólidos (Basuras) para el casco urbano del municipio de Purulhá?

“No, solamente municipal”

6. ¿Cree usted que el sistema de recolección actual cubre todos los barrios que componen el casco urbano del municipio?

Los barrios si, menos las comunidades cercanas. Las comunidades cercanas no se cubren, porque igual el camión no se da abasto, y como solo existe uno. ¿Cree usted que satisface las necesidades de la población? Realmente no, viéndolo desde el punto de vista de que los usuarios estén realmente satisfechos no porque en realidad no se cubren los días que deberían cubrirse, por lo mismo que solo hay un camión para utilizarlo en todo. Para enviarlo a las comunidades para dejar materiales para cualquier proyecto, para cuando lo solicita alguna institución que lo necesita para enviar material, el alcalde lo utiliza, es ahí cuando se pierde el día que debería de extraer basura y hay un montón de inconformidades con las personas por que vienen a presentar sus quejas del servicio, pero no se puede hacer nada.

7. ¿Cuáles son las inconformidades más usuales por parte de la población?

“Las personas que están al día por que pagan el año completo y no se les extrae la basura los días indicados.”

“A veces los extractores únicamente pasan cerca de la casa porque no pueden ingresar a las viviendas, entonces los usuarios cuando sacan su basura al área donde la deben de extraer, pero resulta como no pasan, los perros las abren y tienen que volver a recoger para cuando pase el camión.

8. ¿La municipalidad percibe algún ingreso económico de parte de la recolección de desecho sólidos (basuras) del casco urbano del municipio?

“Si” ¿de cuánto es ese monto? Multiplicar la tarifa de Q10 por las personas del total de los usuarios. Aunque en realidad no todos los usuarios vienen a pagar, hay personas que deben dos o más años y algunas si se les extrae y a otras no, porque tal vez ya no viven en el municipio u otra situación. Aparte de eso la municipalidad subsidia como el 70% de los gastos que se hacen para poder extraer esa basura.

Anexo 3. Cuestionario para entrevista dirigida al encargado del servicio de recolección de desechos sólidos

Entrevista dirigida a el jefe encargado del servicio de recolección de desechos sólidos

Entrevistado: Rancel Saenz

1. ¿Cuántos operarios trabajan en el sistema de recolección de desechos sólidos?

“En el camión somos 6 los que trabajamos el piloto, y los que recogen la basura y la tiran en el camión. Los encargados de recoger la basura se cuelgan del camión durante la ruta”.

8. ¿Cómo fueron diseñadas las rutas de recolección?

“Pues fíjese que las rutas cambian todos los días porque a veces me quitan el camión los patrones de la municipalidad y tengo que dar el camión y esperar hasta que me lo devuelvan para continuar con la recolección, por eso todos los días cambio las rutas para abarcar la mayor cantidad de casas de los barrios”.

9. ¿Creen que se pueden mejorar estas rutas?

“Sí, porque ahorita hago rutas nuevas todos los por que no tengo el camión siempre y como se me llena por el mercado no me queda mucho espacio para las casas y a veces no me da tiempo ir a todas las casas que tengo planeado ir”.

12. ¿El vehículo es utilizado para otras actividades no relacionadas a la recolección de desechos municipales?

“El vehículo lo usa la municipalidad para llevar materiales, alimentos, y para cualquier otra cosa que lo necesiten, Si a mí me dicen que lo necesitan tengo que ir a tirar la basura al vertedero y regresar y darles el camión tal y como esta”.

13. ¿Cada cuánto le brindan mantenimiento el vehículo?

“Mantenimiento no se la da al camión porque no hay dinero, no alcanza lo que cobramos de la tarifa como usted sabe son Q10 y eso solo no alcanza, ahorita llevo un año sin llantas y no hay tiempo para darle mantenimiento porque yo lo uso para la recolección y la municipalidad me lo quita cuando lo necesitan y entonces a cada rato se está arruinando y no hay otro camión para usar entonces la gente se tiene que esperar hasta que el camión este bueno”.

15. ¿A cuántas casas se les brinda el servicio de extracción de desechos sólidos dentro del casco urbano?

“Pues ahorita estamos con 630 casas por que ha crecido el servicio pero en la municipalidad estadísticamente en los registros se tienen 815 casas pero no todos pagan o no se tiene bien el registro”.

16. ¿Cuántas veces por semana realizan la recolección de la basura (Frecuencia)?

“Pues ahorita la recolección es diaria pero por el mercado se me llena el camión casi que la mitad, entonces a unas casas se las da el servicio todos los días a otras cada 3 y a unas una vez por semana, y esto me da problemas porque la gente me pide que pase más días pero como a veces no tengo el camión para usarlo todo el día quedo mal con la gente”.

**17. ¿Logran normalmente completar los recorridos los días de recolección?
¿Sí no, por qué?**

“No casi no los completamos, pues fíjese como le dije como me quitan el camión tengo hacer como 1 a dos viajes al vertedero para tirar la basura y regresar a dejarlo y ahorita que pusieron el mercado me quita como una hora solo en sacar la basura y me llena la mitad del camión y no queda más espacio para ir a recoger basura de las casas”.

20. ¿Cuánto tiempo dura la recolección dentro del casco urbano?

“Pues antes cuando no había mercado la jornada era de 8 horas sin contar la hora de almuerzo que les doy a los muchachos y los 15 minutos de refacción que también les doy. Empezamos a las 8 de la mañana y terminamos a las 4 pero a veces nos llevamos más tiempo”.

Anexo 4. Boleta de caracterización de desechos sólidos del casco urbano del municipio de Purulhá

Clasificación	Material	Peso (kg)	Altura (m)	Volumen (kg/m³)
Inorgánico	Plástico			
	Papel mojado			
	Textiles			
	Cartón			
	Vidrio			
	Duroport			
	Electrónicos			
	Latas Alum.			
	Latas Hojalata			
	Bolsas de snack			
	Electrodomésticos			
	Tetrabrik			
	Otros			
Orgánico	Frutas, verduras, alimentos crudos			
	Comida cocida			
	Papel contaminado			
	Total			

Anexo 5. Volante inductivo utilizado para el estudio de caracterización de desechos sólidos en el municipio de Purulhá

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES PURULHÁ (ECDSM)

¿Qué son los desechos sólidos?

Son aquellos restos que cada persona genera en sus actividades diarias, lo que se denomina comúnmente basura



¿Qué es un ECDSM?

Es una herramienta que permite obtener información en cuanto a la composición, cantidad, densidad de los desechos que se generan en el municipio

¿Por qué es importante?

Porque la información que se obtiene es importante para elaborar instrumentos de gestión ambiental para el manejo de los desechos del municipio



¿Cómo PUEDE PARTICIPAR?

1. Anotar el día y hora en que empieza a utilizar las bolsas
2. Depositar sus desechos orgánicos en la bolsa verde y los desechos inorgánicos en la bolsa blanca
3. Anotar el día y hora en que cerro y entrego la bolsa al encargo de la municipalidad

Anexo 6. Formato de encuesta domiciliaria

1. Cuál de los siguientes describe mejor su vivienda
 - a) Casa particular
 - b) Apartamento
 - c) Cuarto en casa
 - d) Rancho
2. No. De Habitantes en su vivienda

3. ¿En cuánto tiempo se llena su recipiente de basura?
 - a) En 1 día
 - b) En 2 días
 - c) En 3 días
 - d) En más de 3 días
4. ¿Quién se encarga de sacar la basura de la vivienda?
 - a) Madre
 - b) Padre
 - c) Hijos
 - d) Cualquiera
5. ¿Cómo se deshace de su basura?
 - a) Quema
 - b) Entierra
 - c) Servicio municipal
 - d) La tira en la calle
 - e) Otro: _____

6. ¿Ud. Recibe el servicio de recolección de desechos que provee la municipalidad de Purulhá?
 - a) Si
 - b) NoSi la respuesta a la pregunta anterior fue No seguir a la pregunta No. 10
7. ¿Cada cuánto tiempo recoge la municipalidad su basura?
 - a) 1 vez por semana
 - b) 2 veces por semana
 - c) 3 veces por semana
 - d) Nunca pasa
8. ¿Cómo entrega su basura al servicio de recolección municipal?
 - a) Entrega directamente al personal
 - b) La deja en la puerta de su casa
 - c) Otro: _____

9. ¿Qué hace con sus desechos cuando no pasa el camión por su basura?
 - a) La quema
 - b) La entierra
 - c) La guarda hasta que pasen
 - d) La lleva a un botadero
 - e) La lleva a la municipalidad
 - f) Otro: _____

10. ¿Cómo percibe el manejo de los desechos sólidos que realiza la Municipalidad de Purulhá
 - a) Bueno
 - b) Regular
 - c) Malo
11. ¿Cuál cree Ud. que es el principal problema del servicio de recolección municipal?
 - a) Poca colaboración del vecino
 - b) Inadecuada frecuencia del servicio
 - c) Escasos Vehículos recolectores
 - d) Mal trabajo del personal
 - e) Otro: _____

12. ¿Qué debería hacer la Municipalidad de Purulhá para mejorar el servicio de recolección?
 - a) Aumentar frecuencia de recolección
 - b) Educar a la población
 - c) Controlar al personal
 - d) Aumentar cantidad de vehículos
 - e) Propiciar la participación de los vecinos
 - f) Otro: _____

13. Cuáles son los desechos que más tira a la basura
- Plásticos
 - Sobras de alimentos
 - Papeles y cartón
 - Latas
 - Papeles y plásticos
14. ¿Usted comercializa actualmente algunos de los materiales que genera como basura?
- Si:
 - No
15. Sabe Ud. Que son centros de acopio
- Si
 - No
16. Si en algún momento la municipalidad de Purulhá colocara centros de acopio, donde Ud. puede llevar sus materiales reciclables, que podría hacer la municipalidad para motivarlos a que lleve sus materiales reciclables a estos centros
- Localizar centros más de cerca de su casa
 - Hacer obligatorio el reciclaje
 - Brindar información
 - Probablemente no acudiría a los centros de acopio
17. ¿Cuál día de la semana sería, para usted, el más conveniente para acudir a un centro de acopio
-
18. ¿Qué localizaciones de centros de acopio serán más convenientes para usted?
- Parque cerca de la Municipalidad
 - Otras: _____
19. Si el servicio municipal recolectase latas, vidrios, plástico, papel y otros materiales reciclables ¿estaría usted más dispuesto a participar separando sus desechos?
- Si, estaría dispuesto
 - No estaría dispuesto
 - Ninguna diferencia, separaría de todas formas
 - Ninguna diferencia, no reciclaría
- 20.Cuál es el rango de pago que estaría dispuesto a pagar al mes por un servicio óptimo de recolección de basura
- Q. 1-3
 - Q. 3-5
 - Q. 5-10
 - Q. 10-20
 - Más de Q20

Anexo 7. Inducción y entrega de materiales a los participantes en el estudio de caracterización de desechos sólidos domiciliarios del casco urbano del Municipio de Purulhá.



Anexo 8. Empadronamiento de los vecinos participantes en el Estudio de Caracterización de Desechos Sólidos Domiciliarios del casco urbano del Municipio de Purulhá.

LISTA DE PARTICIPANTES CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS PURULHÁ

No.	Nombre	Dirección	Teléfono	No. Hab.	No. Bolsas entre gadas
1	 Elizabeth Chavarria	Barrio "El Centro"	48519572	4	6
2	XXXXXXXXXX Nancy Jimenez	Barrio "La Cruz"	53748022	5	6
3	 Maria Espel	Barrio la Cruz	33074961	5	6
4	XXXXXXXXXX Kadjael Hernandez	Barrio d Centro	50544999	6	6
5	Susan Jellez	Barrio d centro	4569-0299	4	6
6	 Shelly Robinson	Barrio d centro	40409332	5	6
7	 Mima Anady	Barrio d Centro	51615157	10	6
8	Mima Anady Sanchez W.	Barrio Cruz I	7941-7998	4	6


Anexo 9. Caracterización y peso de desechos sólidos domiciliarios.



Anexo 10. Encuesta a representantes de viviendas del casco urbano del Municipio de Purulhá.




Anexo 11. Solicitud de permisos a la municipalidad para la realización de las fases de campo de la investigación.

 **Universidad Rafael Landívar**
Tercera Juera en Guatemala

Responsabilidad Social Universitaria
Teléfono: (502) 24262626 ext. 2939
Campus Central, Vista Hermosa II, Zona 16
Oficina: edificio "H" 110
Guatemala, Ciudad. 01016

GUATEMALA, C.A.A.
Guatemala, 6 de febrero 2015

 Estimado Sr. Ismael Siquic Xoc
Alcalde
Municipio de Purulhá, Alta Verapaz
Presente


Autenticado Purulhá 12/2/2015.


Reciba un cordial saludo del departamento de Responsabilidad Social Académica -RSA- de la Universidad Rafael Landívar. Nos complace dirigirnos a usted saludándole y deseándole éxitos en sus labores.


El motivo de la presente es para solicitarle el apoyo para nuestro estudiante JOSE RODOLFO SANTIAGO MORALES de la facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales que está realizando su tesis en el área de PURULHÁ, BAJA VERAPAZ sobre propuesta para el programa de recolección de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de Purulhá. Con el propósito de Generar una propuesta técnica de recolección de desechos sólidos.

Deseamos hacer una visita la primera semana de marzo para poder realizar la primera caracterización, solicitamos un espacio para realizarlo y si es factible poder contar con toldos y la acumulación de las bolsas de los desechos para la actividad, de ser posible nos gustaría contar con personal de la municipalidad.

Agradecemos nos pueda indicar si es posible llevar a cabo dicha participación, al correo srodriguez@unrl.edu.gt o al PBX 24262626 ext. 3208.


Mgter. María Elena López
Directora de RSA
Universidad Rafael Landívar




Ing. Stephanie Rodríguez
Coordinadora
Responsabilidad Social Académica
Facultad Ciencias Agrícolas y Ambientales

En Todo Amar y Servir
San Ignacio de Loyola

A: Quien interese
DE: Secretaria
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
FECHA: Guatemala, 30 de enero de 2015

La infrascrita Secretaria de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas hace constar que el estudiante **José Rodofo Santiago Morales**, carné 10135-11, está estudiando la Licenciatura en Ciencias Ambientales con énfasis en Gestión Ambiental en esta Facultad, y está realizando el proyecto de Tesis titulado:


***Programa de recolección de desechos sólidos
para el casco urbano de Purulhá, Baja Verapaz***

El trabajo de campo del proyecto implica realizar mediciones topográficas. Esta facultad agradecerá el apoyo que usted pueda proporcionarle con permisos, equipo y materiales para tal efecto.

Para los usos que al interesado convengan, extiende y firma la presente constancia a los treinta días del mes de enero de 2015.



cc. Archivo


Ing. Regina Castellanos
Secretaria





MUNICIPALIDAD DE PURULHA
DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ

www.munipurulha.gob.gt
GUATEMALA, C.A.
TELEFAX: 7941-7403

Purulhá Baja Verapaz noviembre 14 del 2014.

Señor:
Santiago Acté Cucul,
Director de Administración Financiera Integrada Municipal (DAFIM).

Estimado Señor Acté:

Atendiendo la Solicitud de información Pública Municipal 0100 de fecha 14/11/2014 ingresada por el Joven José Rodolfo Santiago estudiante de la Universidad Rafael Landívar Sede Ciudad Capital Guatemala de la Asunción C.A. con Domicilio en la Zona -10 de la Ciudad Capital de Guatemala, quien se identifica con su Documento Personal de Identificación DPI con Código Único de identificación (CUJ) No. 2194-23512-0101, agradeceré sea enviada de forma escrita o digital, la siguiente información llenando dicho cuadro de datos de cual se le proporciona una Copia de la encuesta: " La Información Pública es Pública porque es producida y Organizada gracias a los impuestos que el Ciudadano Paga, por lo tanto es de su propiedad y tiene el derecho de conocerla sin expresar motivo o interés ". (Decreto 57-2008). (LAIP)

Baso mi petición en el Artículo 30 de la Constitución Política de la República de Guatemala y en el Artículo 10 y sus 29 incisos 38, 39, 40, y 41 de la Ley de Acceso a la Información Pública.

Sin más que agregarle a la presente, aprovecho la oportunidad de suscribirme; de usted muy respetuosamente

Tec. Jackson Ezequiel H. Saenz,
Director de la UIPM.

Cc/Archivo/UIPM
Cc/Archivo/DAFIM.

El cambio lo haremos con tu participación



Recibido 14-11-14
11:55 am