



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Postgrado
Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal

**GESTIÓN DE LOS DESECHOS SOLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TEJUTLA,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

Henry Alexander Ramos Velásquez

Asesorado por el Ph. D. Ing. Rubén Francisco Ruiz Mazariegos

Guatemala, agosto de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TEJUTLA,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
ESCUELA DE POSTGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HENRY ALEXANDER RAMOS VELÁSQUEZ

ASESORADO POR EL Ph. D. ING. RUBÉN FRANCISCO RUIZ MAZARIEGOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO
MUNICIPAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

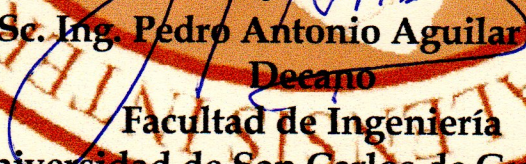
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Ing. Murphy Olympo Paiz de Recinos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

Ref.APT-2018-020

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal titulado: **"GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS "** presentado por el Ingeniero Industrial **Henry Alexander Ramos Velásquez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"


MSc. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado "GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS" presentado por el Ingeniero Industrial Henry Alexander Ramos Velásquez, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

Ref.APT-2018-020

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado "GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS" presentado por el Ingeniero Industrial Henry Alexander Ramos Velásquez.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

En mi calidad como Asesor del Ingeniero Industrial **Henry Alexander Ramos Velásquez** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado **"GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE TEJUTLA, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS"** quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Ingeniería para el Desarrollo Municipal en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Maestro. Ing. Rubén Francisco Ruiz Mazariegos
Asesor
Maestro en Administración Pública

Guatemala, agosto de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS	Por la vida y la sabiduría para alcanzar esta meta.
Universidad San Carlos de Guatemala	Mi casa de estudios, por seguir formándome como profesional.
Ph. D. Ing. Rubén Francisco Ruiz Mazariegos	Por asesorarme en este trabajo de graduación y compartir sus conocimientos.
Ing. Cesar Barrientos	Por compartir sus conocimientos y experiencias.
Compañeros de la Maestría Ingeniería en Desarrollo Municipal	Por su amistad y apoyo.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por todas tus bendiciones.
Mi madre	Carmen Claribel Velásquez Orozco, por enseñarme a perseverar en la vida, con mucho amor mamita.
Mi padre	Dr. Orlando Rodolfo Ramos Juárez, por tus consejos y apoyo incondicional.
Mi esposa	T.A.E. Lesly Rocío Pérez Chávez, por tu amor y comprensión.
Mis hijas	Alejandra, Melany y Sofía, con mucho amor y que sea ejemplo para que triunfen en la vida.
Mis abuelos	Braulio Alejandro Velásquez (q.e.p.d.) y Carmela Anastacia Orozco, por apoyarme para lograr mis metas.
Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Estudio de Postgrados	Por seguir formándome como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
LISTA DE SIGLAS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	1
1.1. Antecedentes del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos.....	1
1.1.1.Cultura e identidad	2
1.1.2.Actividades artesanales	3
1.2. Aspectos geográficos	3
1.2.1.Climatología del municipio.....	3
1.2.2.Topografía y orografía	5
1.3. Recursos naturales	5
1.3.1.Hidrografía	6
1.3.2.Bosques	6
1.3.3.Suelo.....	6
1.3.4.Flora y fauna	7
1.4. Economía.....	7

1.4.1. Empleo	7
1.4.2. Desarrollo productivo	8
1.4.3. Organizaciones productivas.....	8
1.5. Servicios básicos	9
1.5.1. Vivienda.....	9
1.5.2. Agua y drenaje.....	9
1.5.3. Servicio de alumbrado público	9
1.5.4. Cementerios	10
1.5.5. Rastros	10
1.5.6. Transporte	10
1.5.7. Mercados	11
1.5.8. Red vial.....	11
1.5.9. Salud	11
1.5.10. Educación	12
2 MARCO CONCEPTUAL Y LEGAL.....	13
2.1. Definición y ciclo de los desechos sólidos.....	13
2.2. Clasificación de los desechos sólidos	15
2.2.1. Por su composición	15
2.2.2. Por el lugar donde son generados	16
2.3. Propiedades de los desechos sólidos	17
2.3.1. Físicas	18
2.3.2. Químicas	18
2.3.3. Biológicas	19
2.4. Manejo de los desechos sólidos urbanos.....	21
2.4.1. Incineración	21
2.4.2. Compostaje	22
2.4.3. Reciclaje	24

2.4.4. Relleno sanitario	25
2.5. Aspectos legales sobre desechos sólidos en Guatemala	27
3 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE TEJUTLA	31
3.1. Generación y almacenamiento de los desechos sólidos	31
3.2. Servicio de recolección de los desechos sólidos	32
3.2.1. Usuarios	32
3.2.2. Tarifas	32
3.2.3. Cobertura	33
3.2.4. Limpieza de las vías públicas	33
3.2.5. Personal	34
3.2.6. Medios de transporte	36
3.3. Tratamiento actual de los desechos sólidos	36
3.3.1. Orgánicos	36
3.3.2. Inorgánicos	37
3.4. Disposición final	37
3.4.1. Vertedero municipal	37
3.4.2. Botaderos clandestinos	38
3.5. Características de los desechos sólidos	40
3.5.1. Tipología de los desechos	40
3.5.2. Tasa de generación	41
3.5.3. Composición	42
3.5.4. Peso específico	43
3.6. Producción mensual de los desechos sólidos en el municipio	43

4 PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN TEJUTLA	45
4.1. Gestión actual de los desechos sólidos	45
4.2. Construcción del perfil de la gestión de los desechos sólidos para la cabecera municipal.....	46
4.2.1. Administración	47
4.2.2. Limpieza de sitios públicos	48
4.2.3. Recolección y transporte	49
4.2.4. Transporte	54
4.2.5. Tratamiento	55
4.2.6. Disposición final.....	65
4.2.7. Educación ambiental.....	69
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÉNDICE 1	81
APÉNDICE 2.....	85
APÉNDICE 3.....	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Mapa de localización de Tejutla	4
2. Organigrama del servicio de recolección del municipio de Tejutla	35
3. Vertedero municipal de Tejutla	38
4. Mapa de basureros clandestinos en Tejutla	39
5. Porcentaje mensual de desechos sólidos en Tejutla	44
6. Organigrama de la oficina municipal de desechos sólidos de Tejutla	47
7. Carretilla para la recolección de los desechos	48
8. Sacos para recolección de desechos sólidos	51
9. Tromel para tamizar el compost	57
10. Cámaras de ventilación por aireación convectiva de Rabinal	57
11. Mesas de selección	60
12. Prensa hidráulica vertical	62
13. Báscula Palett	64

ÍNDICE DE TABLAS

I. Datos sobre la fracción biodegradable basados en el contenido de lignina ..	20
II. Relación carbono nitrógeno de algunos materiales.	24
III. Ventajas y limitaciones del relleno sanitario.....	26
IV. Fuentes generadoras de desechos sólidos del área urbana de Tejutla	32
V. Georeferenciación de los basureros clandestinos de Tejutla.....	39
VI. Tasa de generación para cada fuente generadora en Tejutla.....	41
VII. Composición de los desechos sólidos de Tejutla.....	42
VIII Pesos específicos de los desechos del casco urbano de Tejutla.....	43
IX. Producción mensual de los desechos del casco urbano de Tejutla	44
X. Características del tacho para los desechos orgánicos de Tejutla.....	50
XI. Características de los tachos públicos propuestos para Tejutla.....	52
XII. Criterios para calcular el área requerida para un relleno sanitario	66
XIII. Cálculo del área necesaria para el relleno sanitario de Tejutla	68
XIV. Actividades propuestas para la educación ambiental en Tejutla	71
XV Empresas dedicadas a la comercialización de desechos sólidos.	89

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
Kg	Kilogramos
km ²	Kilómetro cuadrado
Mm	Milímetros de agua
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
%	Por ciento
T	Toneladas
°	Grado sexagesimal
C:N	Carbono/Nitrógeno

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Significado
ANAM	Asociación Nacional de Municipalidades.
BID	Banco Interamericano de Desarrollo.
CACIF	Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras.
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
CONADES	Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos.
EPP	Equipo de Protección Personal.
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit –Agencia de Cooperación Técnica- de la República de Alemania.
HELVETAS	Swiss Development Organization -Organización de Desarrollo Independiente-.
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
IIA	Instituto de Incidencia Nacional.
INAB	Instituto Nacional de Bosques.
INE	Instituto Nacional de Estadística.

INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
OMAS	Oficina Municipalidad de Agua y Saneamiento.
ONG's	Organizaciones No Gubernamentales.
OPS/OMS	Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud.
PEAD	Polietileno de Alta Densidad.
PEBD	Polietileno de Baja Densidad.
PET	Polietileno Tereftalato.
PP	Polipropileno.
PPC	Producción per cápita.
PS	Poliestireno.
PVC	Policloruro de vinilo.
SEMADET	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial.
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
SGIRS	Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
URL	Universidad Rafael Landívar.

GLOSARIO

Administración	Proceso de diseñar y mantener un ambiente en donde las personas trabajan juntas para lograr propósitos eficientemente seleccionados.
Caracterización	Estudio que pretende determinar con precisión algunas características y propiedades del objeto de estudio.
Compactación	Proceso normalmente utilizado para incrementar el peso específico de materiales residuales que puedan ser almacenados y transportados eficazmente.
Compost	Una mezcla de desechos orgánicos parcialmente descompuesto por bacterias aerobias y anaerobias. El compost puede ser utilizado como un acondicionador de la tierra.
Densidad de la basura	(Peso volumétrico) es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La densidad de la basura depende del estado de compresión.
Disposición final	Es la última actividad operacional del servicio de aseo urbano, mediante el cual la basura es descargada en forma definitiva.

Desechos sólidos urbanos	Incluyen todos los desechos generados de viviendas, apartamentos, establecimientos comerciales, instalaciones institucionales, actividades de construcción y demolición, servicios municipales y lugares de plantas de tratamiento.
Generador de desechos	Persona natural o jurídica que por sus actividades genera desechos, ya sea como productor, importador, distribuidor, comerciante o usuario, y el que opera en actividades de recolector de desechos.
Gestión	Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de los desechos sólidos desde su generación, hasta la disposición final.
Incineración	Proceso controlado por el cual los desechos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos son quemados y convertidos en gases, y el desecho obtenido contiene poco o nada de materia combustible.
Lixiviado	Líquido que percolado, a través de los desechos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos.
Manejo de desechos sólidos	Es la gestión de los desechos, la recolección, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho.

Materia orgánica	Compuestos químicos que tienen carbono combinados con otros elementos químicos. Las materias orgánicas pueden ser de origen natural o antropogénico. La mayoría de los compuestos orgánicos son fuente de alimentación para las bacterias y normalmente son combustibles.
Reciclaje	Proceso en donde ciertos materiales de la basura se separan, recogen, clasifican y almacenan, para reincorporarlos como materia prima.
Reducción de volumen	Procesamiento de los desechos sólidos para disminuir la cantidad de espacio que ocupan.
Rutas de recolección	Rutas establecidas seguidas en la recolección de desechos no seleccionados o separados en el origen de viviendas, negocios, instalaciones comerciales e industriales.
Separación	Dividir desechos en grupos de materias similares.
Sistemas de recolección	Recolectores y equipo utilizado para la recolección de desechos no seleccionados o separados en el origen.
Tacho	Recipiente grande de metal u otro material, especialmente es usado para arrojar o almacenar la basura.

Tasa de generación

Parámetro que asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, siendo su unidad de medida el kilogramo/habitante/día.

Transferencia

El acto de transferir desechos de un vehículo de recolección, a vehículos transportadores más grandes.

Vectores

Son organismos vivos que pueden transmitir enfermedades infecciosas entre personas, o de animales a personas. Muchos de estos son insectos hematófagos que ingieren los microorganismos patógenos junto con la sangre del portador.

Vertedero

Lugar de depósito, donde se arrojan o dejan los desechos sólidos.

RESUMEN

El acelerado crecimiento poblacional, la urbanización y los patrones de producción y consumo de la sociedad guatemalteca, han ocasionado como resultado un incremento en la generación de desechos sólidos y una particular composición de los mismos. Si bien parece ser un problema urgente de resolver ya que preocupa a la mayoría de sectores (autoridades municipales, gobierno, iniciativa privada, sociedad civil, ONGs), aunado a ello las acciones por abordar la problemática de manera integral, responsable y eficiente son escasas a nivel nacional. Instituto de Incidencia Ambiental (IIA, 2006).

En relación con los desechos sólidos prevalece para la disposición final de los mismos, la técnica del depósito a cielo abierto (en alrededor del 66 % de los municipios). Normalmente estos depósitos clandestinos están asociados a barrancos, cañadas o áreas cercanas a ríos, fuentes de agua o zonas de recarga hídrica, produciéndose los consecuentes lixiviados que provocan la proliferación de plagas, incendios y enfermedades bioinfecciosas. Los servicios de recolección de basura se dan en su mayoría en las áreas urbanas. En áreas rurales, este servicio no tiene la cobertura, particularmente por razones de la dispersión que tiene la demanda y la costumbre arraigada de disponer localmente de la basura, enterrándola o quemándola. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA, 2006).

La municipalidad de Tejutla carece de un plan estratégico para solucionar el problema de los desechos sólidos, aunado a esto, los recursos financieros que la mayoría de municipalidades asignan para las actividades de aseo de

sitios públicos, no les permiten tecnificar las operaciones.

El diseño metodológico que se empleó para la realización del trabajo se define como no experimental, porque las variables no tuvieron manipulación, ya que los hechos existían al momento de iniciar la investigación (Hernández, 2003). El enfoque que se ha manejado es cuantitativo, porque se ha recolectado información numérica; además, se utilizó el análisis estadístico para la proyección de los datos. Asimismo, se define como una investigación transeccional descriptiva, porque se midió la información de manera independiente sobre los conceptos o las variables definidas; no hay relación entre variables, y es transversal porque los datos se recolectaron en un solo momento y no se realizó un estudio posterior al que se presenta.

Actualmente, el manejo de los desechos sólidos residenciales en el municipio de Tejutla, es inadecuado y es uno de los principales problemas del municipio, porque tiene un efecto directo en la salud de la población, y en el medio ambiente, disminuyendo la calidad de vida. Por lo tanto, es de vital importancia que se dé el manejo adecuado para cada tipo de desecho, para proporcionar a la población mejores condiciones de salubridad y contribuir a la conservación y protección del medio ambiente.

La implementación del programa de gestión integral de desechos sólidos en el municipio de Tejutla, contribuye a mejorar el servicio de recolección proporcionando tratamiento y manejo adecuado para cada tipo de desecho, incorporando hábitos culturales que permitan buenas prácticas ambientales desde el ámbito familiar.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La inadecuada gestión de los residuos sólidos, es un problema de dimensiones mundiales con consecuencias previsibles en cuanto al deterioro ambiental y el bienestar humano. Los países desarrollados han empezado a probar alternativas, para controlarlo sin embargo no han encontrado una solución definitiva que permita eliminar tal situación.

La situación del manejo de desechos sólidos en Guatemala, es un tema prioritario, ya que se acumulan en las orillas de las carreteras, en las calles, en las quebradas o se queman a cielo abierto sin control. Debido a la problemática acerca del manejo de los desechos sólidos que se vive en muchas de las comunidades del país, es de vital importancia una adecuada gestión para propiciar un ambiente agradable para vivir y lograr que se disminuyan los impactos negativos al ambiente.

En la actualidad el manejo de los desechos sólidos ha representado un serio problema en el municipio de Tejutla, debido al incremento de los desechos y a las tan variadas características que estos poseen, que agrava aún más el problema ya que no se le da ningún tratamiento lo que agudiza el deterioro y degradación del ambiente. Otro factor importante es el bajo presupuesto asignado en la mayoría de municipios para este tema y a las bajas tarifas que se cobran por el servicio.

En muchos casos, son los propios vecinos quienes disponen de sus desechos ya sea enterándolos dentro de su propiedad, quemando o utilizando como lugares de disposición final los bosques cercanos, convirtiéndolos en botaderos clandestinos. El gobierno local carece de un ente que desarrolle estas actividades y que promueva cambios sustanciales en la población, que participe de las soluciones y que modifique sus hábitos ambientales.

Tejutla, no escapa de la descripción del manejo de los desechos sólidos que han venido efectuando especialistas ambientales de amplio reconocimiento en este tema y que coinciden en la apreciación general que indica que para la región de Centroamérica, “se halla en un estado crítico. Los sitios de disposición final son inadecuados y las operaciones ineficientes, por lo que es necesario que las municipalidades puedan solucionar este problema dentro de jurisdicción, conforme lo establece la legislación guatemalteca.

Pregunta de Investigación

¿Cuál es la gestión adecuada de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Tejutla, para reducir la contaminación del ambiente?

- ¿Qué cantidad y tipo de desechos sólidos se generan en el área de estudio?
- ¿Cómo es el manejo actual de los desechos sólidos en el municipio de Tejutla?
- ¿Qué modelo de gestión garantiza un manejo seguro de los desechos sólidos en el municipio de Tejutla?

OBJETIVOS

General

Determinar la gestión adecuada de los desechos sólidos en la cabecera municipal de Tejutla, para reducir la contaminación del ambiente.

Específicos

- Determinar el tipo y cantidad de los desechos sólidos generados en la cabecera municipal.
- Analizar el actual manejo que reciben los desechos sólidos en el municipio de Tejutla.
- Diseñar un modelo de gestión que garantice el manejo adecuado de los desechos sólidos.

INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos que a menudo se les denomina basura, es uno de los principales problemas que afecta a todas las naciones, estados, departamentos, municipios y demás divisiones político-sociales. Una de las principales causas es la poca información y sensibilización hacia la correcta gestión de desechos o residuos sólidos, llamados así porque al momento de ser descartados de los procesos industriales, todavía cuentan con un valor económico o productivo, (Hernández y Pratt, 1998).

Con el crecimiento de la población urbana, la intensificación de los procesos industriales y el aumento de poder adquisitivo en general, viene una acelerada generación de grandes cantidades de residuos sólidos, principalmente en las grandes ciudades (Lerino et al., 2009). Uno de los mayores desafíos considerados por la sociedad moderna es la solución al problema de los residuos sólidos municipales. Sin embargo, es común observar la presencia de grandes vertederos al aire libre, es decir, lugares donde la basura recogida se libera directamente en el suelo sin ningún control, lo que provoca la contaminación del medio ambiente y los recursos naturales, (Barrios y Jablonski, 2005).

La gestión de desechos sólidos involucra el ciclo de vida de estos, iniciando con su generación, transportación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final; lo que implica procesos enfocados con visión administrativa y empresarial, contribuye a proponer esquemas de manejo seguro, genera mayor nivel de protección ambiental; lo cual permitirá el control

de los desechos, la prestación de servicios con calidad encaminados a mejorar el ambiente, (López, 2010).

La generación diaria de desechos sólidos, se estima alrededor de las 4,242 toneladas, de las cuales el 54 % se producen en las zonas urbanas y el restante 46 % en las zonas rurales. Departamentos que presentan altos porcentajes de municipios que vierten sus desechos en barrancos son San Marcos, Sacatepéquez y El Progreso. Sólo en el departamento de San Marcos 8 municipios provocan contaminación directa a ríos y 21 municipios más depositan los desechos sólidos en barrancos, contribuyendo así a la contaminación hídrica durante todo el año y convirtiéndose en el departamento con mayor problemática y carencia de manejo de desechos sólidos a nivel nacional. Uno de los grandes factores de contaminación ambiental en este departamento es el movimiento comercial fronterizo con México, que resulta en grandes cantidades de basura que finalmente se acumula en sectores baldíos como barrancos y ríos Universidad Rafael Landívar (URL, 2006).

El objetivo general de la investigación se enfoca en proponer una gestión adecuada para el manejo y disposición final de los desechos sólidos del municipio de Tejutla, a través de procedimientos que garanticen la prestación del servicio con calidad y con esto contribuir a reducir los problemas que afectan al ambiente. Con el estudio, se logró determinar el tipo y cantidad de los desechos sólidos, ubicación de botaderos clandestinos, forma de disposición final de los desechos en los botaderos autorizados, así como si existen programas de capacitación en educación ambiental y determinar deficiencias en el actual servicio de recolección.

Esta investigación se realiza utilizando una metodología documental y bibliográfica, tanto de fuentes primarias como secundarias, encuestas a pobladores, entrevistas directas con profesionales y expertos en la materia, para contribuir a la solución de la problemática.

Este estudio está conformado por cuatro capítulos: el primero introduce al lector al contexto del municipio de Tejutla, dando a conocer datos históricos de la población, economía, servicios, recursos naturales y también la localización geográfica. El segundo capítulo, da a conocer los fundamentos teóricos y legales acerca de los desechos sólidos desde su concepto, los tipos de desechos, tratamiento que pueden recibir y la legislación que facultan a las municipalidades a dar solución a esta problemática. En el tercer capítulo, se analiza el actual manejo que reciben los desechos sólidos en el área de estudio, desde la separación, transporte, tratamiento y disposición final. Y en el capítulo final de esta investigación, se presenta un diseño para la gestión de los desechos sólidos en la cabecera municipal, basado al tipo y cantidad de desechos sólidos generados.

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

1.1. Antecedentes del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos

El nombre del municipio de Tejutla, se deriva etimológicamente del vocablo Mam: *Twui C'ukal*, que significa: sobre el cerro de arena blanca. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN, 2010).

Los antecedentes del municipio de Tejutla se relacionan con la venida de los españoles en 1524, en ese entonces era ya un asentamiento de población de importancia dentro de los poblados de descendencia Mam, principalmente por su industria textil. Pero fue en 1627, específicamente el 25 de julio cuando se oficializa su fundación. (SEGEPLAN, 2010)

En 1690, Tejutla comprendía lo que en la actualidad corresponde a los municipios de: Comitancillo, Ixchiguán, Concepción Tutuapa, Sipacapa, Sibinal, Tajumulco, Tacaná y parte de San Miguel Ixtahuacán. (SEGEPLAN, 2010)

En 1870, el municipio de Tejutla alcanza la categoría de Villa, y dado al desarrollo que logró, las autoridades edilicias, solicitaron a la asamblea nacional legislativa, su ascenso a cabecera departamental; además de los municipios antes descritos, se agregaron los municipios de Cuilco, Santa Bárbara, San Gaspar, que ahora pertenecen al Departamento de Huehuetenango. (SEGEPLAN, 2010)

Para el 2010, la población total del municipio aumentó de 28,485 a 44,552, lo que significa que creció un 56 %, según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2002). Si se cumplen las proyecciones demográficas, la población de Tejutla alcanzará una magnitud cercana a los 49,817 para el 2015 y de 62,662 habitantes para el 2025 aproximadamente, lo que conllevará desafíos importantes en diversos ámbitos sociales y económicos en el territorio.

El 55 % de la población de Tejutla para el año 2010 es menor de 20 años, lo que se podría considerar un potencial para el municipio, pero que a la vez se convierte en un reto para las autoridades municipales, éstas deberán de generar las condiciones necesarias para satisfacer las demandas y necesidades básicas. (INE, 2002)

Según censo realizado por el COCODE urbano del municipio y avalado por la municipalidad de Tejutla en el 2010, estima para el municipio de Tejutla que del total de la población el 55 % de mujeres y 45 % de hombres. El 9.2 % es población urbana y el 90.8 % población rural.

1.1.1. Cultura e identidad

La cultura del municipio de Tejutla está enriquecida por una serie de manifestaciones sociales, culturales y religiosas; donde resaltan las celebraciones en los principales centros poblados que tienen como referente al santoral católico cristiano. Estas fiestas se caracterizan por la práctica de algunas tradiciones que se celebran en honor a santos patronales en las que se tienen actividades religiosas, juegos pirotécnicos, venta de comida, juegos para los niños y bailes de carácter popular. (SEGEPLAN, 2010)

Su fiesta titular se celebra del 18 al 26 de julio, el día principal es el 25 julio, en honor al Apóstol Santiago; en ese día las principales actividades que se realizan son: la participación de grupos musicales, acompañado del tradicional tambor y chirimía. Según datos proporcionados por la Dirección Municipal de Planificación, se estima que el 50 % de la población profesa la religión católica, aunque existen también otras nominaciones no católicas que en la actualidad se estiman en un 50 % de la población. (SEGEPLAN, 2010)

1.1.2. Actividades artesanales

Las actividades artesanales más significativas que se desarrollan en Tejutla son: panadería, carpintería y herrería. Además de estas actividades, se practica la sastrería y elaboración de teja en menor proporción. El sector artesanal no está muy desarrollado en el municipio, los ingresos de las familias que trabajan en esta actividad, son complementados con la producción agrícola y en menor proporción con la actividad pecuaria. (Velasquez, 2009)

1.2. Aspectos geográficos

1.2.1. Climatología del municipio

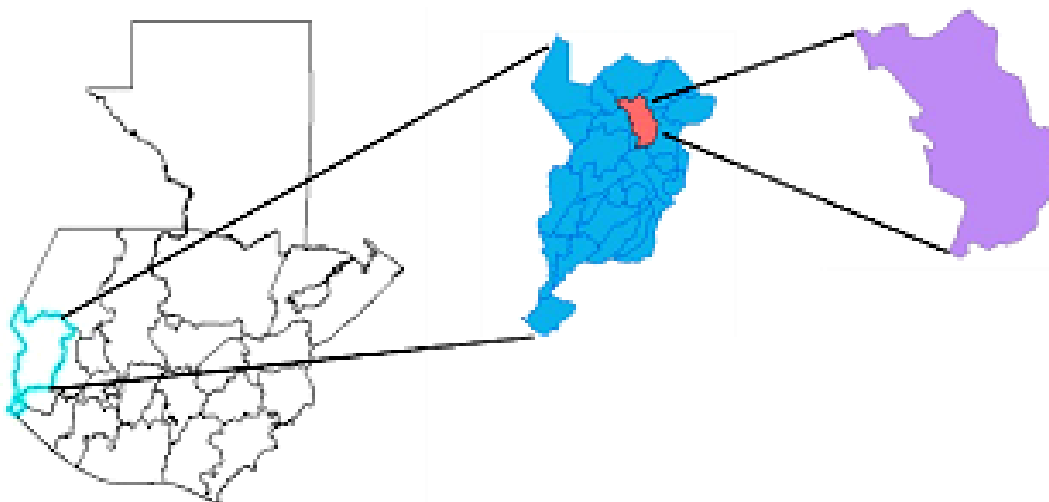
De acuerdo con la clasificación del clima de Thornthwaite, el clima de Tejutla pertenece al clima que va de templado a frío con invierno benigno, caracterizado por tener una temperatura media en las regiones norte y oeste de 10° C y las regiones central, sur y este de 14° C. La precipitación pluvial promedio es de 849 mm con variaciones de 1,057 a 1,588 mm en los meses de mayo a octubre, con más de 127 días de lluvia y 64 a 100 días de calor. (SEGEPLAN, 2010).

La dirección de los vientos es de sur a este, ligeros con relación a un promedio de 10 Km/hora, la predominancia es debido a las condiciones de las montañas y la orografía. (SEGEPLAN, 2010).

El municipio de Tejutla se localiza al norte del departamento de San Marcos, ver figura 1, con una extensión territorial de 142 Km², lo que equivale al 3.75 % del territorio departamental (3,791 Km²), su elevación sobre el nivel del mar es de 2,520 msnm, las coordenadas geográficas son: latitud norte de 15° 07'23" longitud oeste de 91° 47'19" (INE, 2002). Se encuentra a una distancia de 32 kilómetros de la cabecera departamental y a 282 de la ciudad capital.

El municipio colinda al norte con los municipios de Concepción Tutuapa y San Miguel Ixtahuacan, al sur con la cabecera departamental de San Marcos, aldea San Sebastián y parte del municipio de Ixchiguan, al este con el municipio de Comitancillo y al oeste con los municipios de Ixchiguan y Tajumulco, todos del departamento de San Marcos (Roman, 2011).

Figura 1. Mapa de localización de Tejutla



Fuente: fotografía de la página de la municipalidad de Tejutla, consulta el 24 de junio 2018.

1.2.2. Topografía y orografía

La topografía es fuertemente ondulada y escarpada, el aprovechamiento de los suelos en el municipio dista mucho de ser el óptimo, su vocación no se ha incorporado en las decisiones productivas. Las poblaciones están situadas en terrenos quebrados y con pendientes pronunciadas, características topográficas que no permiten ubicar las viviendas de forma adecuada y que las hacen vulnerables a desastres naturales (deslaves y hundimientos). (SEGEPLAN, 2010)

El municipio presenta una orografía montañosa, que se encuentra enclavada en la Sierra Madre en el altiplano marquense. De acuerdo al mapa de formas de la tierra, pertenece a la provincia fisiográfica de tierras altas cristalinas (tierras altas o de cadena volcánica), la que se caracteriza por presentar rocas metamórficas y plutónicas que incluye gneises, mármoles, serpentinas y granitos. (Roman, 2011).

1.3. Recursos naturales

El municipio cuenta con suficientes recursos naturales, sin embargo algunos se han deteriorado, por no tomar los cuidados necesarios para su conservación, Tejutla cuenta con gran variedad de recursos naturales, que influyen directamente en el progreso y desarrollo económico, constituidos de la manera siguiente: hidrografía, suelos, bosques flora y fauna (Pineda, 2011).

1.3.1. Hidrografía

En el municipio se delimitan tres microcuencas: Esquipulas, Los Molinos y Xolabaj; cuyas aguas en su conjunto drenan al río Cuilco, que pertenece a la cuenca del mismo nombre. Además, se encuentran los ríos: Venecia, Cancela, Catzún, Salvias, Champán, Sacjoc, Shalanchac, Amenus, Quipambe, Barrancas, Concepción, San Sebastián, Puentes, Grijalva los cuales desembocan en las diferentes microcuencas del municipio. (Pineda, 2011).

1.3.2. Bosques

De acuerdo al IV Censo Agropecuario Nacional de 2003, el municipio de Tejutla tenía 1,930.70 hectáreas de bosque, en donde predominan los bosques coníferos (1,638.98 hectáreas), bosques latifoliados (0.44 hectáreas) y bosques mixtos (291.28 hectáreas); con especies como: ciprés (*Cupresus lusitánica*), pino (*Pinnus sp*), aliso (*Alnus sp*), encino (*Quercus sp*), roble (*Cedrela Odorata*), pinabete (*Abies guatemalensis*), eucalipto (*Eucaluptus globulus*), madrón (*Arbustos xalapensis*). Según el Instituto Nacional de Bosques –INAB– delegación de San Marcos, Tejutla no cuenta con bosques municipales los que existen son de tipo comunal. (SEGEPLAN, 2010).

1.3.3. Suelo

Según Simmons, Tarano y Pinto, los suelos de Tejutla pertenecen a las tierras altas volcánicas de textura franco arcillosa y franco turbosa de consistencia friable, de la serie Patzité y Totonicapán. Los suelos del municipio son apropiados para mantener áreas protegidas, cuentan con un buen horizonte superficial, reposan sobre roca caliza, lo que limitan su profundidad (SEGEPLAN, 2010).

1.3.4. Flora y fauna

Existen varias especies de animales y aves que prevalecen en el municipio, las cuales son: vacas, caballos, cerdos, ovejas, conejos, mapache, armadillo, ardilla, comadreja, zorrillo, tacuazín, gato de monte, taltuza, lagartija, zope, gavilán, gavilancillo, palomas, tecolotes, tortolita, sanates y espumillas. (SEGEPLAN, 2010)

El municipio cuenta con plantas ornamentales y medicinales, entre las ornamentales se encuentran: rosas, begonia, flor de pascua, buganvilia, geranio, margarita, clavel, crisantemo, cartucho y orquideas. (SEGEPLAN, 2010)

1.4. Economía

1.4.1. Empleo

De acuerdo a los datos del XI Censo Nacional de Población y VI de habitación del 2002 realizado por el Instituto Nacional de Estadística, la población económicamente activa de Tejutla es de 21,096 habitantes. Pero solo 7,153 pobladores se encuentran realizando actividades económicas, lo que representa el 33.91 %, del total de habitantes aptos para realizar actividades productivas en el municipio, este es un indicador bajo que justifica el alto índice de desempleo 40 % (como se citó en SEGEPLAN, 2010).

La población económicamente inactiva es de 13,943 habitantes, cuya condición de inactividad se debe entre otras cosas a que únicamente realizan quehaceres del hogar. La estructura económica de las comunidades se basa principalmente en actividades de agricultura con el 82.27 %, servicios comunales y personales con el 5.41 %, comercio 2.81 % y otras actividades

representan el 9.51 % (INE, 2002).

1.4.2. Desarrollo productivo

El sector económico productivo del municipio de Tejutla, se divide en actividades agrícolas, de comercio e industria; donde sobresale la agricultura con los cultivos del maíz, frijol, papa, hortalizas y árboles frutales. La ganadería bovina y porcicultura se dan en menor escala. En este sentido, se puede decir que los hogares poseen una baja capacidad de obtener ingresos para alcanzar niveles mínimos de consumo de bienes y servicios, por lo que se hace necesaria la implementación de estrategias de desarrollo económico. (SEGEPLAN, 2010)

1.4.3. Organizaciones productivas

Son las organizaciones que apoyan la reestructuración del municipio de Tejutla, a través del aprovechamiento de los recursos, al asesorar como afrontar los problemas y brindar soluciones viables, en cooperación con los miembros de las comunidades entre las que se pueden mencionar:

- La Cooperativa Justo Rufino Barrios.
- Asociación para el Desarrollo Raíz.
- Cooperativas educativas.
- La cooperativa R.L. Acredicom.
- La asociación Adicta.
- Asociación Génesis Empresarial.
- Asociación de Desarrollo Integral Cuyá (ASODIC).
- Asociación Tejutleca (ASOTEJ).

1.5. Servicios básicos

1.5.1. Vivienda

De acuerdo a los datos del XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación del año 2002 realizado por el Instituto Nacional de Estadística (como se citó en SEGEPLAN, 2010) registra un total de 6,703 viviendas para todo el municipio de Tejutla, de las cuales el 97.8 % son viviendas formales en las que los materiales de construcción predominantes para paredes adobe (89.4 %) y block (6.8 %), para techo lámina metálica (83.4 %) y para el piso, tierra (48.9 %), torta de cemento (16.3 %), y ladrillo de cemento (3.8 %).

1.5.2. Agua y drenaje

El 80 % de las viviendas posee agua entubada mientras un 20 % se abastece de ríos, cosecha de lluvia, pozos y en el peor de los casos no tienen de donde abastecerse del vital líquido, las familias que principalmente están padeciendo este problema son de cantones y caseríos que se conformaron recientemente (Área de Salud de San Marcos, 2010).

1.5.3. Servicio de alumbrado público

En cuanto al servicio de energía eléctrica y alumbrado público es prestado por la empresa ENERGUATE, a través del sistema de interconexión eléctrica, para el área urbana se tiene una cobertura del 94 % y un 75 % en el área rural. (SEGEPLAN, 2010)

1.5.4. Cementerios

El municipio posee un cementerio municipal localizado en la entrada principal a la villa de Tejutla, en un predio de la comuna, cuenta con una pequeña capilla que funciona para ceremonias religiosas. (Pineda, 2011)

1.5.5. Rastros

El municipio posee un rastro municipal localizado en la entrada principal del casco urbano y administrado por la asociación de carniceros, la tarifa por el uso de las instalaciones para sacrificar animales es de Q10.00. Dicho servicio se presta en horario de 4:30 a.m. a 6:00 a.m. los días martes, jueves, viernes, sábado y domingo. (Pineda, 2011)

1.5.6. Transporte

El transporte utilizado para comunicar al municipio de Tejutla con otros municipios, es prestado a través de las unidades que cuentan con línea autorizada, y cubren las rutas que se dirigen a los municipios de: Sipacapa, San Miguel Ixtahucan y Concepción Tutuapa, que proceden de la cabecera departamental de San Marcos y de la ciudad de Guatemala. Para las rutas internas existen microbuses, taxis y moto-taxis que cubren distancias cortas dentro del municipio. (SEGEPLAN, 2010)

1.5.7. Mercados

En el municipio de Tejutla existen dos mercados, lo que constituye una de las alternativas de ingresos y de desarrollo económico del municipio. El día de plaza se realiza el domingo, actividad que abarca las diferentes calles y avenidas del casco urbano, donde se llevan a cabo la comercialización de productos y artículos de primera necesidad. (Pineda, 2011)

1.5.8. Red vial

La ruta de acceso principal es por la carretera Interamericana hasta la altura del kilómetro 185, para luego tomar la ruta Nacional 1 a Quetzaltenango hasta el kilómetro 200, donde se debe buscar la ruta Nacional 12-S a San Marcos que conduce a la cabecera departamental, en el kilómetro 250 se debe utilizar la carretera San Marcos No.8 que conduce al municipio de Concepción Tutuapa y atraviesa el municipio de Tejutla. (Pineda, 2011).

1.5.9. Salud

El municipio de Tejutla cuenta con un centro de salud tipo "B", ubicado en el área urbana. Además del centro de salud, la atención médica se complementa con la existencia de una clínica del IGSS, clínicas privadas, un puesto de socorro de la Cruz Roja y el hospital privado Roppe, el cual es administrado por la asociación solidarios de Tejutla y que cuenta con los siguientes servicios: consulta externa, maternidad, pediatría, de ambulancia, de ultrasonido, odontología, hospitalización, clínica del paciente diabético, alquiler de equipo médico. (SEGEPLAN, 2010)

1.5.10. Educación

Según información oficial del X Censo de Población y V de Habitación 1994 y del Ministerio de Educación 2008, el nivel pre-primario aumentó 9 % de 1994 a 2008, esto demuestra el interés de la población de enviar a los niños a la escuela, en el nivel primario se observa un decremento de 23 %, se explica por la distribución de los estudiantes en otros niveles educativos y el nivel medio tuvo un incremento del 14 %. En cuanto a la educación superior en el municipio existe una extensión del Centro Universitario de San Marcos – CUSAM- de la Universidad de San Carlos de Guatemala que funciona plan fin de semana, impartiendo las carreras de Pedagogía a nivel técnico y licenciatura, Administración de Empresas y Agronomía estas dos últimas solo nivel técnico (SEGEPLAN, 2010)

2. MARCO CONCEPTUAL Y LEGAL

2.1. Definición y ciclo de los desechos sólidos

Los desechos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades animales y humanas que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superpérfuos (Tchobanoglous, 1994). Por lo tanto, se considerará a los desechos sólidos en esta investigación aquellas materias que en las actividades de producción o consumo y en el contexto en que son producidas, han perdido el valor de uso para sus propietarios.

Las actividades asociadas con el manejo de desechos sólidos desde el lugar de producción hasta la disposición final han sido agrupadas en seis elementos funcionales los que se definen a continuación. Considerando cada elemento funcional por separado, es posible: identificar los aspectos y relaciones fundamentales involucradas en cada elemento. Al mismo tiempo desarrollar donde sea posible, relaciones cuantificables con el propósito de hacer comparaciones y evaluaciones ingenieriles (Tchobanoglous, Theisen y Eliassen, 1982).

La primera etapa es la producción de desechos que comprende aquellas actividades en las cuales se identifican los materiales que ya no son útiles y son desechados o recogidos para su disposición. Lo que es importante en la producción de desechos es que hay una etapa de identificación y la cual varía con cada individuo. Debido a que la producción de desechos, actualmente es

una actividad no muy controlable, frecuentemente no es considerada como un elemento funcional. (Tchobanoglous, Theisen y Eliassen, 1982)

El almacenamiento consiste en depositar temporalmente todos aquellos productos que carecen de interés para el generador de desechos. Debe considerarse que al aumentar el tiempo de almacenamiento se incrementa el volumen de residuos y por tanto, las necesidades de espacio para este fin.

La etapa de recolección es uno de los puntos medulares de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública, mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y su transporte al sitio de transferencia, tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo, en esta etapa suelen emplearse una proporción importante de recursos económicos destinados a la gestión de dichos desechos. Para el diseño de un sistema de recolección deben conocerse los siguientes datos: cantidad y características de los desechos sólidos, tipo de almacenamiento, frecuencia de recolección, método de recolección y tripulación, tipo de vehículos, etc. (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial SEMADET, 2014),

El elemento funcional de transferencia y transporte comprende dos etapas: 1) la transferencia de los desechos desde un vehículo de recolección pequeño a un equipo de transporte más grande y 2) el transporte subsiguiente de los desechos al sitio de disposición final. El transporte en vehículos de motor es común, para transportar desechos. Esta etapa a su vez, tiene como propósito reducir los grandes recorridos de los vehículos recolectores y con ello los tiempos no productivos (Tchobanoglous, Theissen y Eliassen, 1982).

El elemento funcional de procesado y recuperación, incluye todas las técnicas, equipo e instalaciones usadas para mejorar la eficiencia de los otros elementos funcionales y para recuperar materiales utilizables, conversión de productos o energía de desechos sólidos (Tchobanoglous, Theissen y Eliassen, 1982).

Se entiende como disposición final a la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones, cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población, los ecosistemas y sus elementos (Ley federal mexicana para la prevención y gestión integral de los residuos, 2003).

2.2. Clasificación de los desechos sólidos

Entre los residuos sólidos urbanos se pueden desarrollar un número variable de clasificaciones, de acuerdo a los factores que intervienen en su composición, se puede diferenciar: por su composición y fuente de producción. (Avendaño, 2003)

2.2.1. Por su composición

Los desechos sólidos se clasifican por su composición química en desechos orgánicos (biodegradables) y desechos inorgánicos (no biodegradables).

2.2.1.1 Orgánicos

Todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc. (Barradas, 2009)

2.2.1.2 Inorgánicos

Son los desechos provenientes de fuentes minerales, los cuales no sufren descomposición ni cambios químicos. (López, 2009)

2.2.2. Por el lugar donde son generados

Por la fuente de la que provienen, los desechos sólidos se pueden clasificar en desechos residenciales, comerciales, lugares públicos e institucionales.

2.2.2.1 Residenciales

Normalmente tienen alto contenido de materia orgánica. Son los que por su cantidad, calidad, naturaleza, composición y volumen son generados por las actividades de la vivienda del hombre o en cualquier establecimiento similar a éstos. (López, 2009)

2.2.2.2 Comerciales

Son los generados en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes y depósitos. Generalmente presentan altos contenidos de papel y cartón. (López, 2009).

2.2.2.3 Lugares públicos

Son los desechos que se generan por el barrido de calles, parques y áreas públicas. Entre los que se puede encontrar hojas, ramas, polvo, papeles, desechos de frutas, excremento humano y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos, entre otros. (López, 2009).

2.2.2.4 Instituciones

Son los desechos generados en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreas, terrestres, fluviales o marítimas, y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros. Normalmente tienen altos contenidos de papel y cartón (López, 2009)

2.3. Propiedades de los desechos sólidos

Las propiedades de los residuos sólidos urbanos se deben tener en cuenta para desarrollar y diseñar sistemas de gestión integradas, además de las transformaciones que pueden afectar a la forma y composición de los residuos. Se estudiarán las propiedades físicas, químicas y biológicas. (Ríos, 2009)

2.3.1. Físicas

Las propiedades físicas más importantes de los desechos sólidos son el peso específico, contenido de humedad, tamaño de la partícula y la distribución del tamaño. Dentro de las propiedades físicas a considerar en la gestión integral de residuos sólidos encontramos el porcentaje de humedad y el peso específico. (Ríos, 2009)

La densidad o el peso específico de los residuos sólidos sirven principalmente para determinar el volumen ocupado por una masa de residuos. Esta propiedad es importante para determinar las necesidades de espacio en el transporte y almacenaje de los desechos. Comúnmente se utiliza como unidad para el peso específico los kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). (Ríos, 2009)

La humedad de los residuos sólidos es la cantidad de agua contenida en el residuo, se obtiene a partir de una muestra de 1 a 2 kg de los residuos calentados a 80 °C durante 24 horas (Harrison, 1995).

2.3.2. Químicas

Las propiedades químicas de los desechos sólidos son importantes para conocer la capacidad de estos residuos para ser procesados y/o recuperados, ya sea para estudiar la viabilidad de la incineración, las posibilidades de compostaje o el depósito en vertedero autorizado, con el fin de obtener biogás (Avendaño, 2003). Si los desechos sólidos van utilizarse como combustible, las propiedades más importantes a analizar son:

- Análisis físico que incluye ensayos de humedad, materia volátil combustible, carbono fijo y ceniza.
- Punto de fusión de las cenizas que es el análisis de la temperatura a la cual la ceniza se transforma en sólido (escoria) por la fusión.
- Análisis elemental de los componentes de los desechos sólidos este implica la determinación del porcentaje de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y ceniza que contiene cada desecho.
- Contenido energético de los componentes de los desechos sólidos que es la cantidad de calor generada por la combustión de 1 kg de basura mixta. El método más utilizado es la bomba calorimétrica, y por ello casi todos los datos disponibles están basados en ensayos de este tipo.

2.3.3. Biológicas

Las propiedades biológicas son importantes para la tecnología de la digestión aerobia/anaerobia en la transformación de residuos en energía y en productos finales beneficiosos. El proceso anaerobio implica la descomposición biológica de residuos alimenticios con productos finales de metano, dióxido de carbono y otros. (Ríos, 2009)

Quizás, la característica biológica más importante de la fracción orgánica de los desechos sólidos urbanos es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos encontrados en los residuos sólidos urbanos (por ejemplo, residuos de comida) (Tchobanoglous, 1994).

Algunos componentes orgánicos de los residuos sólidos no son deseables en la conversión biológica, como plásticos, gomas, pieles y madera. Los fragmentos importantes en la transformación biológica son las grasas, proteínas, la lignina, celulosa, hemicelulosa, lignocelulosa y los constituyentes solubles.

La biodegradabilidad de varios componentes encontrados en los desechos sólidos urbanos, se muestra en la tabla I. Como puede observarse, los residuos con altos contenidos de lignina, como el papel de periódico, son significativamente menos biodegradables que los residuos de comida. Alternativamente, se puede usar el contenido de lignina de un residuo para estimar la fracción biodegradable, mediante la reacción siguiente:

$$BF = 0.83 - 0.028LC$$

Donde:

BF = Fracción biodegradable expresada en base al contenido de lignina

LC = Porcentaje del Contenido de lignina de los sólidos volátiles.

Tabla I. Datos sobre la fracción biodegradable basados en el contenido de lignina

Componente	Porcentaje de Sólidos volátiles totales	Porcentaje del contenido de lignina de sólidos volátiles	Fracción biodegradable
Residuos de comida	7 – 15	0.4	0.82
Papel periódico	94.0	21.9	0.22
Papel de oficina	96.4	0.4	0.82
Cartón	94.0	12.9	0.47
Residuos de jardín	50 – 90	4.1	0.72

Fuente: Tchobanoglous, G. Gestión integral de residuos sólidos, 1996. P. 102.

2.4. Manejo de los desechos sólidos urbanos

El manejo de desechos sólidos es la gestión de los desechos, la recogida, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho (Tchobanoglous, Theisen y Vigil, 1996).

2.4.1. Incineración

La incineración considera aquellos procesos que reducen el volumen y descomponen los desechos mediante oxidación térmica, en la cual todos los factores de combustión, como la temperatura, el tiempo de retención y la turbulencia, pueden ser controlados, a fin de alcanzar la eficiencia y eficacia de los parámetros ambientales establecidos (Tchobanoglous, 1994).

Por otro lado, se describe la incineración como un proceso de reducción de residuos combustibles a residuos inertes, por medio de generación de vapor/electricidad. La incineración se puede llevar a cabo a través de los sistemas de incineración de combustión en bruto y sistemas de incineración alimentados por combustibles derivados de residuos (Koenning, 2003).

Entre las ventajas por la utilización de la incineración tenemos: la reducción del volumen y peso de los desechos hasta un 90 %, no requiere mucha área para efectuar las descargas de los desechos. Las cenizas u otros desechos están prácticamente libres de materia orgánica, no ofensivas y aceptables como material de relleno. (Tchobanoglous, Theissen y Eliassen, 1982)

Entre las desventajas por la incineración se tiene: inversiones iniciales altas que dependen de la cantidad de desechos sólidos. Los gastos de funcionamiento son muy elevados, porque su tecnología es muy costosa y se necesita personal especializado. Además, la producción de dioxinas cancerígenas por la combustión (Tchobanoglous, 1994).

2.4.2. Compostaje

El proceso de compostaje se puede definir como una oxidación biológica de residuos orgánicos biodegradables que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura, pH, la relación C:N y oxigenación. Los microorganismos presentes en el proceso (bacterias, hongos y actinomicetos) utilizan el carbono y nitrógeno disponibles en los residuos orgánicos, liberando energía calorífica producto de la actividad metabólica, produciéndose además, gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico y sales minerales (Avendaño, 2003).

El compostaje es la fermentación aeróbica de una mezcla de materiales orgánicos en condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y nutrientes, con la intervención de bacterias, hongos y numerosos insectos detritívoros (Labrado, 1996).

Es un proceso complejo y dinámico, se puede dividir en cuatro fases de acuerdo a los cambios de temperatura: fase mesófila (10 - 40 °C), fase termófila (40 - 60 °C), fase de enfriamiento y finalmente fase de maduración (estabilización a temperatura de ambiente). Existen varios procesos para llevar a cabo la transformación de los desechos en compost que van desde los tratamientos diseñados y contruidos en casa, como las hileras con volteo

manual hasta los procesos llevados a cabo en biorreactores que utilizan diseños y equipos patentados.

Los elementos más necesarios para el compost son el carbono (para energía) y el nitrógeno (para el desarrollo corporal). Estos elementos deben ser suministrados en una cierta proporción. La cantidad de carbono suministrada debe ser superior a la de nitrógeno, ya que los microorganismos lo utilizan como fuente de energía. La relación C:N, óptima se sitúa en 25-35 partes de Carbono por 1 de Nitrógeno. Las materias con altas cantidades de carbono normalmente son materias secas y marrones mientras que las materias que contienen altas cantidades de nitrógeno normalmente están húmedas y verdes (Jhorar, Phogat y Malik, 1991). Véase en la tabla II, la relación carbono/nitrógeno de algunos materiales utilizados para el compost.

Entre las ventajas por la aplicación del compostaje tenemos: mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos, ahorro económico en abonos químicos, reducción de volumen de residuos y producto comerciable que disminuye las necesidades de materia orgánica de los suelos y contribuye a su recuperación. (León y Pacheco, 2010)

Entre sus desventajas tenemos: alta inversión inicial, disponibilidad de terreno y contaminación del medio ambiente, a través de metales pesados, olores, entre otros). (Tchobanoglous, 1994).

Tabla II. **Relación carbono nitrógeno de algunos materiales**

Nivel alto de nitrógeno 1:1 – 24:1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Fuente: Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Manual de compostaje del agricultor, 2013. P.55.

2.4.3. Reciclaje

El reciclaje es una actividad que vuelve a integrar a un ciclo natural, industrial o comercial a todos los desechos y desperdicios que se generan en las sociedades de hoy, mediante un proceso de recuperación o transformación cuidadoso que permite llevarlo a cabo de manera adecuada y limpia. (Barradas, 2009). El reciclado es una serie de pasos que se reacondicionan y devuelven las propiedades y características de un material para ser materia prima para elaborar productos nuevos. (Sánchez, 2007).

Muchos de los materiales encontrados en la corriente de los residuos sólidos pueden ser reciclados. La demanda de mercado varía ampliamente para algunos materiales específicos, y puede ser que algunos materiales reciclables sean más económicos. Los materiales que se recolectan comúnmente son: aluminio, cartón, papel de oficinas, envases de vidrio, latas de acero, papel periódico y ciertos tipos de plásticos. (Barradas, 2009)

Entre algunas de las ventajas del reciclaje se encuentran las siguientes: disminuye la cantidad de residuos sólidos que se depositan en los sistemas de relleno sanitario prolongando su vida útil. Al disminuir el volumen de los residuos sólidos destinados a los sistemas de relleno sanitario, los costos de recolección y disposición final son menores. El uso de materiales reciclables como materia prima en la manufactura de nuevos productos ayuda a conservar recursos naturales renovables y no renovables. La desventaja principal de este método es que necesita una infraestructura adecuada para el proceso, y requiere por lo tanto, de una inversión inicial muy alta (Jaramillo, 2002).

2.4.4. Relleno sanitario

Es una técnica que emplea principios de ingeniería, en la cual diariamente los residuos sólidos se mezclan, se esparcen en capas delgadas, se compactan y sepultan bajo una capa de tierra o espuma plástica. El relleno sanitario es en esencia, una excavación en el suelo recubierta con un revestimiento impermeable con plástico o arcilla, que reduce infiltraciones al subsuelo, sobre la cual se colocan y se distribuyen los residuos urbanos. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Jaramillo, 2002).

Los rellenos sanitarios se diseñan para reducir al máximo la contaminación atmosférica, del subsuelo y de los mantos acuíferos. Al depositarse los residuos en los rellenos, éstos comienzan a descomponerse mediante una serie de procesos químicos complejos. (Tyler, 1994). Para la construcción y la correcta operación de un relleno sanitario es esencial tomar en cuenta las características del terreno, como lo son el tipo de suelo y la profundidad del nivel freático, para evitar la contaminación de los mantos acuíferos por lixiviados. Los métodos elementales de construcción son el método de trincheras o zanjas y el método de áreas (Jaramillo, 2002). La tabla III resume las principales ventajas y limitaciones del relleno sanitario.

Tabla III. Ventajas y limitaciones del relleno sanitario

Ventajas	Limitaciones
La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento mediante incineración o de compost.	La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado.
Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.	El rápido proceso de urbanización, limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles.
Genera empleo de mano de obra poco calificada.	La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día. .	Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario
Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales.	Alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política.
Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.	Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo, de no tomarse las previsiones necesarias en la selección del sitio

Fuente: Jaramillo, J. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002. P. 49.

2.5. Aspectos legales sobre desechos sólidos en Guatemala

El marco regulatorio guatemalteco, aplicable a la gestión de los residuos sólidos, tiene su origen en la Constitución Política de la República de Guatemala, instrumento por medio el Estado de Guatemala, garantiza el respeto a la identidad cultural, propicia la conservación, protección del ambiente y los recursos naturales, para tales efectos estipula que el gobierno nacional y las municipalidades deben desarrollar políticas para mejorar la salud y preservar el medio ambiente.

Seguidamente, se mencionan las normas legales más importantes que obedeciendo el principio constitucional, responden al tema de los residuos sólidos.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto No. 68-86). En su Artículo 12, son objetivos específicos de la ley:

Inciso b, “la prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen el deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común calificados así, previos dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes”; y el inciso c, “Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la ocupación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población”

Se delega en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la rectoría del tema ambiental; dicho Ministerio fue creado bajo el Decreto No. 90-2000 Artículo 3; por medio del cual se definen las funciones relacionadas con formular participativamente, la política de conservación, protección, mejoramiento del medio ambiente y de los recursos naturales, y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia correspondiente, respetando el marco normativo nacional e internacional vigente en el país.

El Código Municipal Decreto No. 12-2002 y sus reformas contenidas en el Decreto No. 22-2010; por medio del cual se cumple con el mandato constitucional que reconoce la autonomía del municipio, como expresión fundamental del poder local, y que la administración pública será descentralizada; permitiendo bajo este Código, definir dicho poder y organizarlo, para su correcta administración y funcionamiento.

En el Artículo 68 competencias propias del municipio:

Inciso a) "Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final".

Código de Salud (Decreto No. 90-97), Artículo 102, responsabilidad de las municipalidades:

“Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento con las normas sanitarias aplicables. Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de los desechos sólidos o construir los respectivos rellenos sanitarios, previo dictamen del Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (hoy sustituido por MARN), el cual deberá seren el plazo estipulado”

El reglamento de tránsito (Acuerdo Gubernativo No. 273-98); Artículo 41. actividades que afectan la seguridad de la circulación; en donde prohíbe tirar o lanzar objetos o basura desde el interior del vehículo hacia la vía pública; y para garantizar el cumplimiento a esta disposición, esta infracción es sancionada con multa, en el Título VI Infracciones y Sanciones, en el Artículo 182. Multa de Trescientos Quetzales; la cual se aplicará al conductor del vehículo como establece el numeral 3).

Acuerdo Gubernativo No. 509-2001 Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios; y en cumplimiento de esta norma, llevarán un tratamiento especial completamente aparte de la gestión de residuos sólidos municipales, y se estipula que su correcta aplicación y sanciones corresponderán a los Ministerios, de Salud Pública y Asistencia Social, y de Ambiente y Recursos Naturales

Complementan el conjunto de normas jurídicas, las que regulan el tema de la educación ambiental, siendo éstas: a) Ley de Educación Nacional (Decreto No. 12-91); b) Ley de Fomento de la Educación Ambiental (Decreto No. 74-96); c) Ley de Fomento de la Difusión de la Conciencia Ambiental (Decreto No. 116- 96); y d) la Política Nacional de Educación Ambiental (Acuerdo Gubernativo No. 791-2003). Esta normativa en su conjunto permite a los entes del Estado direccionar y supervisar los procesos educativos relativos al medio ambiente.

La Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos (Acuerdo Gubernativo No. 111-2005), por medio de propuestas compartidas entre los cuatro componentes sociales, Iniciativa Privada, Gobierno Central, Municipalidades y Organizaciones Civiles, como grupos responsables de la producción, manejo y disposición final de los desechos sólidos.

El Acuerdo Gubernativo No. 234-2004, de fecha 12 de agosto de 2004, por medio del cual se crea la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos –CONADES-, como el órgano consultor y asesor para la formulación y dirección de las Políticas Nacionales, con la finalidad de mejorar el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Integrado por: el MARN, quien la preside, el MSPAS, el Comisionado Presidencial para el Desarrollo Local, SEGEPLAN, INFOM, ANAM y el CACIF.

3. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE TEJUTLA

Con el propósito de conocer la gestión actual de los residuos sólidos, se analizó el servicio de aseo que presta la municipalidad, a través de instrumentos estadísticos, visitas de observación a los diferentes procesos de recolección en sitios públicos y a las diferentes fuentes generadoras. También visitas de campo a los lugares de disposición final autorizados y a los clandestinos. Los instrumentos estadísticos utilizados fueron de dos tipos, boletas de entrevista dirigida a empleados la que permitió recolectar información del servicio (ver apéndice 1), y la segunda boleta para conocer la percepción de los usuarios del servicio. (ver apéndice 2).

3.1. Generación y almacenamiento de los desechos sólidos

En el municipio de Tejutla del departamento de San Marcos, el origen de los desechos sólidos es diverso, esto se debe a la gran cantidad de fuentes generadoras de desechos y las diferentes características que estos poseen.

La Oficina Municipal de Agua y Saneamiento (OMAS), tiene identificado el origen de los desechos sólidos, lo cuales provienen de los domicilios, comercios, sitios públicos e instituciones que existen en el municipio. En la tabla IV, se presenta el número de locales de cada una de las fuentes generadoras de desechos sólidos. La cual es de vital importancia para calcular la producción de desechos que se genera en el municipio de Tejutla.

Tabla IV. Fuentes generadoras de desechos sólidos del área urbana de Tejutla

Tipo de usuario	Cantidad de predios para el 2016
Viviendas	1011
Comercios	218
Instituciones	11
Sitios públicos	1
Total	1241

Fuente: datos obtenidos de la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento, el 23 de febrero 2017.

Se pudo observar que los habitantes del área urbana del municipio de Tejutla, utilizan bolsas plásticas, costales, toneles y cajas de cartón para almacenar sus desechos sólidos, que posteriormente serán entregados al camión de la basura. En los alrededores del parque se encuentran ubicados algunos depósitos para que los vendedores ambulantes y la población en general depositen la basura, para mantener el ornato del municipio.

3.2. Servicio de recolección de los desechos sólidos

3.2.1. Usuarios

Actualmente no se tiene una base de datos de los usuarios, a los que se les presta el servicio, se estima que la mayor parte de las fuentes generadoras que se muestra en la tabla IV son las que utilizan el servicio de recolección directamente o indirectamente.

3.2.2. Tarifas

Actualmente no se tiene establecida una tarifa mensual para el servicio de recolección de los desechos sólidos, lo cual no representa un costo para la población, pues es subsidiado completamente por la municipalidad.

3.2.3. Cobertura

La cobertura que tiene el servicio de recolección de los desechos sólidos es únicamente para el casco urbano, tanto para viviendas, comercios, instituciones públicas o privadas, la forma de recolección la establecieron desde hace años los vecinos juntamente con las autoridades, los desechos sólidos son apilados en esquinas establecidas para luego ser recogidos por un camión, además, se recolecta la basura de los mercados y plazas. El servicio de recolección del municipio de Tejutla funciona los días lunes y viernes de cada semana.(SEGEPLAN, 2010).

Actualmente existen cinco rutas de recolección para el servicio: en la primera ruta solamente se recolectan los desechos sólidos del parque y del mercado, para luego ser trasladados al botadero municipal; la última ruta solamente sirve para los desechos del banco industrial y para verificar que no se hayan dejado desechos tirados en las calles del municipio. (HELVETAS, 2016).

3.2.4. Limpieza de las vías públicas

La limpieza de las vías públicas está a cargo de los policías municipales, quienes son los responsables del barrido de las calles principales del municipio de Tejutla, generalmente estas actividades las realizan todos los días. El día lunes se realiza el barrido de los mercados, con el apoyo de otros empleados municipales. Para luego trasladar los desechos sólidos al vertedero municipal.

3.2.5. Personal

Actualmente no se cuenta con personal contratado directamente, para realizar las actividades administrativas y operativas del tren de aseo, dentro de la municipalidad. Las actividades administrativas son realizadas por la oficina municipal de agua y saneamiento, quien cuenta con dos empleados.

Las actividades operativas se puede dividir en dos áreas, las que corresponden directamente al barrido de calles y limpieza de sitios públicos, son cubiertas por la municipalidad a través de los policías municipales.

Y las actividades de recolección y transporte, las cuales son realizadas por una empresa privada, quien es la encargada de la recolección, tanto en viviendas, como en los puntos establecidos, donde se apilan los desechos sólidos y posteriormente realizan el traslado de dichos desechos al sitio de disposición final. La empresa contratada para la recolección y transporte de los desechos cuenta con un piloto y dos ayudantes, quienes son los responsables de la carga y descarga de los desechos sólidos dentro del camión y en el sitio de disposición final.

3.2.5.1 Funciones

La función primordial del servicio de recolección, es mantener la ciudad limpia y que no se generen basureros clandestinos, para evitar que los desechos se encuentren tirados en las calles de Tejutla. Dentro de las funciones que realiza se tiene:

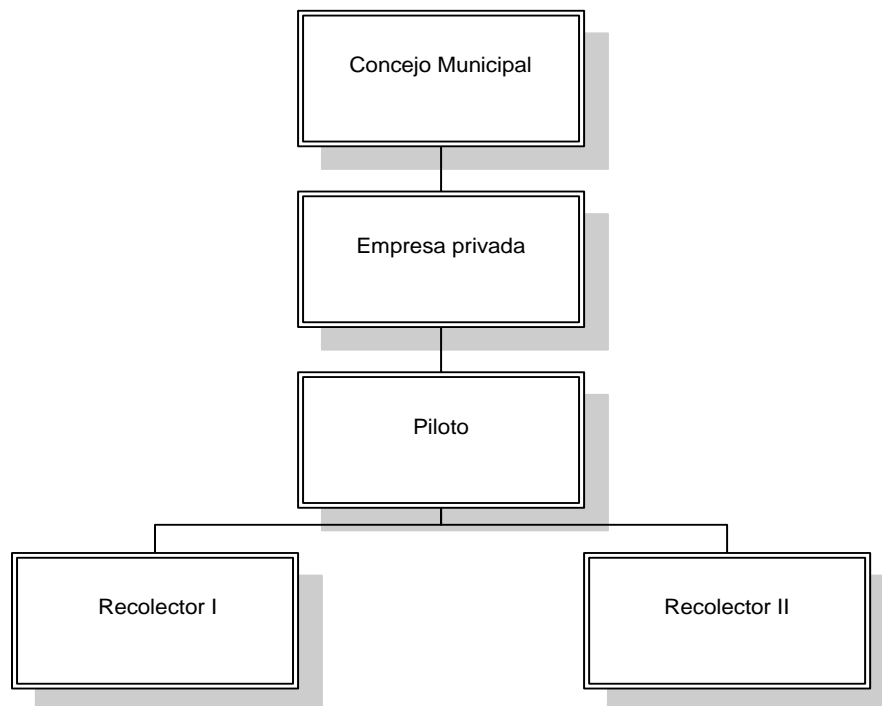
- Barrido de calles y áreas públicas: se ocupa de mantener limpias las calles, parque, municipalidad, mercado, campo de futbol, entre otras.

- Limpieza de los depósitos públicos de basura y del carretón.
- Recolección de basura domiciliar: se encarga de la extracción y transporte de los desechos sólidos de las residencias del perímetro urbano de la ciudad.
- Atender las denuncias de vecinos de la existencia de botaderos clandestinos.
- Recolección de desechos sólidos en los puntos establecidos.

3.2.5.2 Organigrama

Actualmente, el servicio de recolección está concesionado, a una empresa privada, tiene la organización administrativa que se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Organigrama del servicio de recolección del municipio de Tejutla**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en campo el 20 de abril 2017.

3.2.5.3 Equipos y herramientas

Actualmente, el personal del servicio de recolección de basura del casco urbano del municipio de Tejutla, no cuenta con ningún equipo de protección. Lo que deja en evidencia la falta de conocimiento, de las autoridades municipales de los daños que puede ocasionar, el mal manejo de los desechos sólidos a la salud de las personas.

Se observó que las herramientas utilizadas, para el servicio de recolección del municipio de Tejutla, son: escobas, azadones y carretón para los desechos generados en los mercados y el parque.

3.2.6. Medios de transporte

La recolección de los desechos en el casco urbano del municipio de Tejutla, se hace a través de un camión de volteo cuya capacidad es de 2.50 toneladas y un volumen de 11.29 m³, propiedad de la empresa que presta el servicio.

3.3. Tratamiento actual de los desechos sólidos

3.3.1. Orgánicos

Los desechos de tipo orgánico en el municipio de Tejutla, no reciben ningún tipo de tratamiento, debido a que la prestación del servicio es deficiente y solo sirve como medio de transporte. Aunado a ello es imposible dar algún tipo de tratamiento, por que al momento de la recolección los de desechos no son clasificados por tipo.

3.3.2. Inorgánicos

Los desechos de tipo inorgánico en el municipio de Tejutla, al igual que con los desechos orgánicos, no reciben ningún tipo de tratamiento. Provocando daños al ambiente que agrava aún más el problema, debido al incremento de las fuentes generadoras de desechos.

3.4. Disposición final

3.4.1. Vertedero municipal

La disposición final de los desechos se hace en un vertedero a cielo abierto, que está localizado a 1,400 metros del casco urbano de Tejutla en la colonia Sacabelen, en la figura 3, se muestra cómo se disponen los desechos sólidos. Entre los inconvenientes que se tienen en el vertedero municipal, podemos mencionar:

- Se incendia frecuentemente, provocando fuego por varios días, generando humo, el cual es nocivo para la salud de los vecinos, además de dañar el medio ambiente.
- Durante época de lluvia, la escorrentía del vertedero se descarga directamente en el río Xolabaj, el cual es un afluente del río Cuilco.
- Hay presencia de vectores como: moscas, mosquitos, perros, aves y enfermedades.
- Existen personas que se mantienen en el vertedero recogiendo materiales que puedan vender, poniendo en peligro su salud e integridad física.
- Las características naturales del terreno no son las adecuadas para la disposición final, debido a sus pronunciadas pendientes, por lo que los desechos se deslizan hacia el río Xolabaj que se encuentra a 50 metros.

Figura 3. Vertedero municipal de Tejutla



Fuente: elaboración propia, fotografía obtenida en campo el 28 de julio 2017.

3.4.2. Botaderos clandestinos

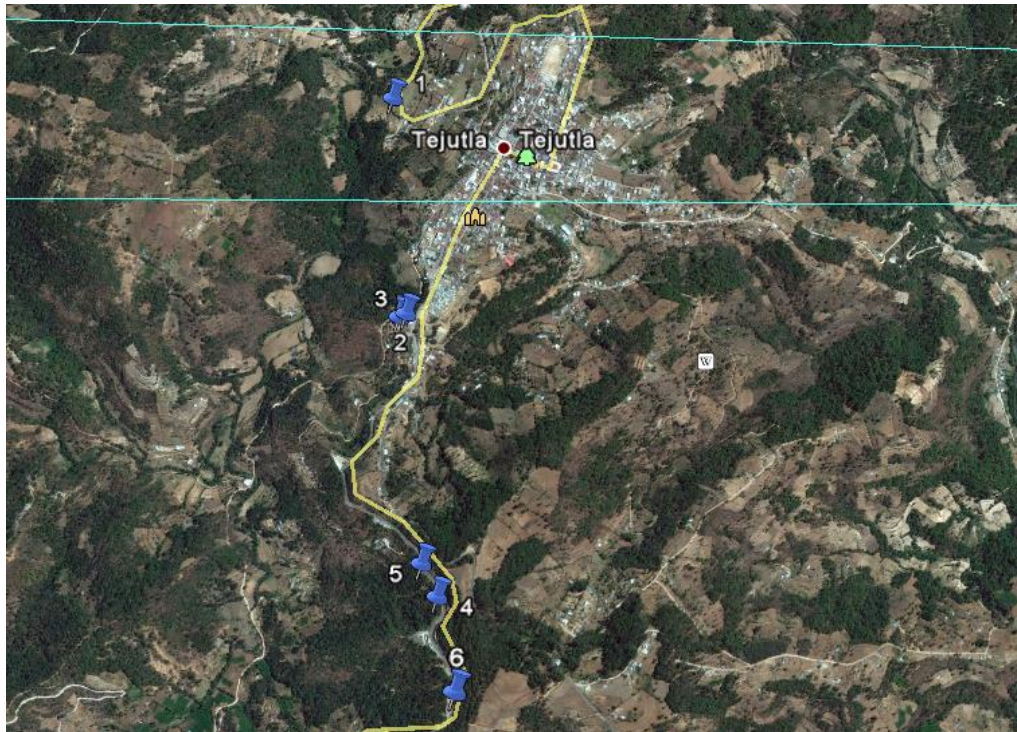
Actualmente, la municipalidad de Tejutla no cuenta con un plan de gestión de desechos sólidos adecuado, solo presta el servicio de recolección. Esto se ve reflejado en la presencia de botaderos clandestinos lo que origina mayor contaminación ambiental, provocando riesgo para los habitantes del municipio en adquirir enfermedades relacionadas con el manejo inadecuado de los desechos sólidos. En la tabla V, se muestran las coordenadas de los basureros clandestinos del área urbana del municipio y en la figura 4 se muestra mapa de la localización de los basureros clandestinos de Tejutla.

Tabla V. Georeferenciación de los basureros clandestinos de Tejutla

No.	Contaminación	Coordenadas UTM (WGS84)		Altura
		X	Y	Z
1	Paisaje y flora	15 P 627903	1672488	2398 m
2	Paisaje y flora	15 P 627950	1671743	2504 m
3	Paisaje y flora	15 P 627958	1671742	2504 m
4	Paisaje y flora	15 P 628068	1670812	2587 m
5	Paisaje y flora	15 P 628016	1670918	2580 m
6	Paisaje y flora	15 P 628127	1670506	2507 m

Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en campo el 28 de julio 2017.

Figura 4. Mapa de basureros clandestinos en Tejutla



Fuente: elaboración propia, datos obtenidos en campo el 28 de julio 2017.

3.5. Características de los desechos sólidos

3.5.1. Tipología de los desechos

Las categorías de los desechos que se utilizaron en el estudio, es una de las situaciones más importantes. De acuerdo a los criterios anteriores y la observación empírica realizada previo a la sistematización final, se propusieron las siguientes categorías de desechos:

- **Desechos orgánicos:** desechos de la manipulación, preparación, cocción y consumo de alimentos que provengan de compuestos vegetales, hojas, recortes de césped y otras plantas. Así como desechos provenientes de animales en estado natural, o manipulados.
- **Textiles:** ropa, trapos, telas, hilos, cueros, lana y fibras sintéticas.
- **Papel y cartón:** periódicos, papel de alta calidad, gacetas, papel bond (fotocopias, impresiones), sobres, folder, separadores de carpetas, libros, cuadernos sin gusanos ni espiral, archivos muertos, directorios telefónicos, revistas, postales, folletos, cartoncillo, cartulina y cajas.
- **Plásticos:** PET, PEAD, PEBD, PVC, PP, PS, entre otros.
- **Inorgánicos:** pañales desechables, platos desechables, vasos desechables, toallas sanitarias, materiales de curación (algodón, jeringas, gasas, medicamentos caducos, entre otros.), chicle, colillas de cigarrillo, encendedores, rastrillos para rasurar, envases de aerosol, pilas, baterías de carro, madera, heces, papeles sucios o húmedos, papeles de aseo personal, papel diamante, papel mantequilla y papel calco, papel o cartón gofrado o encerado, papel o cartón plastificado o con pegamento.

- **Metales:** recipientes de bebidas, aluminio secundario (marcos de ventanas, contrapuertas, chapas y canalones). Latas de hojalata, aparatos de hojalata, desechos de hierro y acero. Desechos elaborados en cobre, bronce, zinc, entre otros.
- **Vidrio:** vidrio de recipiente, vidrio plano, cerámicos y otros materiales de vidrio.
- **Desechos finos no clasificados:** tierra, arena, ceniza, partículas pequeñas orgánicas e inorgánicas y otros que no se encuentran en ninguna de las categorías anteriores.

3.5.2. Tasa de generación

Según estudio realizado por HELVETAS, denominado caracterización de los residuos sólidos del casco urbano del municipio de Tejutla, departamento de San Marcos, para el año 2016, la tasa promedio de generación de desechos sólidos es de 0.6037 Kg/día por persona en dicho municipio, esta incluye la generación tanto domiciliar, comercial, institucional y pública.

En la tabla VI, se muestran las tasas de generación de desechos para cada fuente generadora del municipio de Tejutla.

Tabla VI. **Tasa de generación para cada fuente generadora en Tejutla**

Fuente generadora	Tasa de generación
Domiciliar	0.38 kg/día/persona
Comercios	2.2 kg/día/comercio
Escuelas	30.2 kg/día/escuela
Públicos	503 kg/día

Fuente: HELVETAS, Caracterización de los residuos sólidos del casco urbano de Tejutla 2016. P. 26 y 32.

3.5.3. Composición

Como se puede observar en la tabla VII, los desechos que más se producen en los domicilios de Tejutla son: desechos finos no clasificados, inorgánicos y orgánicos. Para los comercios los tres tipos de desechos que más se generan son: plásticos, desechos finos no clasificados e inorgánicos.

Para el caso de los lugares públicos, los desechos finos no clasificados son los que más se generan, seguidos por los desechos orgánicos y en tercer lugar se tienen desecho de tipo plásticos. Para las escuelas, los desechos que más se producen son los plásticos, seguidos por los desechos finos no clasificados. Se puede observar que los desechos del tipo aluminio no aparecen, debido en gran parte a que la población vende las latas a los chatarreros.

Tabla VII. **Composición de los desechos sólidos de Tejutla**

Tipo de desecho	Tipo de fuente generadora				Total (%)
	Domiciliar (%)	Comercios (%)	Públicos (%)	Escuelas (%)	
Desechos orgánicos	17.2	13.1	29.0	2.2	15.38
Textiles	3.0	1.0	0.8	0	1.2
Papel y cartón	4.2	18	12.1	20.7	13.75
Plásticos	10	23.3	12.2	27.2	18.17
Vidrio	2.9	4.7	3.0	1.0	2.9
Metales	2.1	1.2	0.8	0.7	1.2
Inorgánicos	26	15.4	11.6	22.0	18.75
Desechos finos no Clasificados	34.6	23.3	30.5	26.2	28.65
Total	100	100	100	100	100

Fuente: HELVETAS, caracterización de los residuos sólidos del casco urbano de Tejutla, 2016. P. 24 y 26.

3.5.4. Peso específico

En la tabla VIII, se presentan los pesos específicos para cada una de las fuentes generadoras, en donde se puede observar que el mayor peso específico lo tienen los desechos que provienen de las viviendas; en el segundo, los que provienen de los lugares públicos (mercados y parque); por último, se tienen los desechos provenientes de las escuelas. El análisis del peso específico se hace para determinar la capacidad volumétrica de los medios de recolección, transporte y disposición final.

Tabla VIII. **Pesos específicos de los desechos del casco urbano de Tejutla**

Peso Específico (Kg/m ³)	Tipo de fuente generadora				Promedio
	Domiciliar	Comercios	Públicos	Escuelas	
	162.6	107.4	128.5	41.9	148.8

Fuente: HELVETAS, Caracterización de los residuos sólidos del casco urbano de Tejutla, 2016. P. 25 y 27.

3.6. Producción mensual de los desechos sólidos en el municipio

En la tabla IX, se puede observar que en el municipio de Tejutla, se generan 96.00 toneladas mensuales de desechos sólidos, por todas las actividades que se realizan en el casco urbano del municipio.

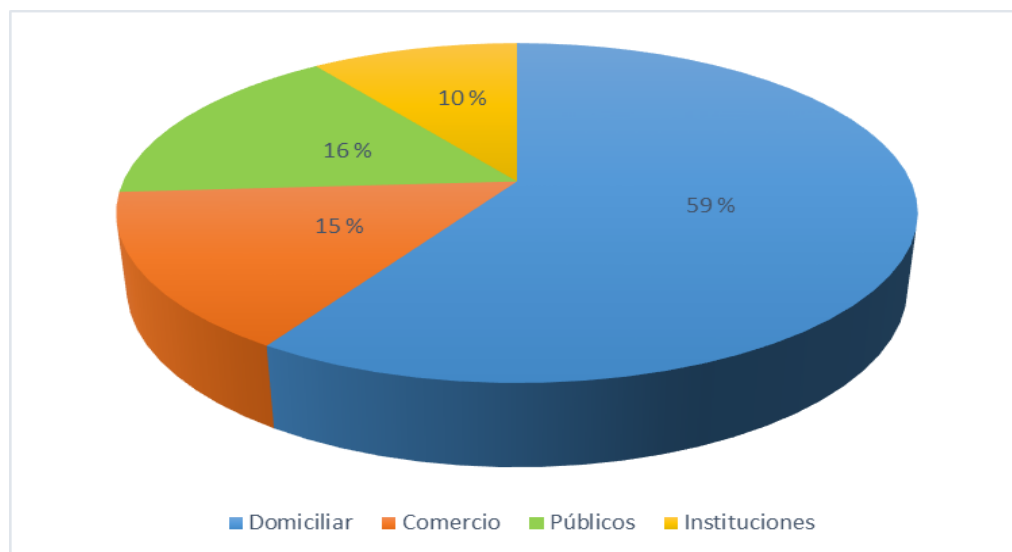
Tabla IX. **Producción mensual de los desechos del casco urbano de Tejutla**

Tipo de usuario	Tasa de generación	Cantidad de generadores	Toneladas al día	Toneladas al mes
Domiciliar	0.38	4995	1.89	56.70
Comercio	2.2	217	0.48	14.40
Instituciones	30.2	11	0.33	9.90
Públicos	503	1	0.50	15
Total		5687	3.25	96.00

Fuente: elaboración propia, con datos de la caracterización de los residuos sólidos del casco urbano de Tejutla, HELVETAS, 2016.

En la figura 5, se puede observar que el 59 % de los desechos generados es proveniente de las viviendas del municipio y la actividad de los lugares públicos (mercados y parque), es la segunda fuente generadora de desechos con un 16 %.

Figura 5. **Porcentaje mensual de desechos sólidos en Tejutla**



Fuente: elaboración propia, con datos de la caracterización de los residuos sólidos del casco urbano de Tejutla, HELVETAS, 2016.

4. PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN TEJUTLA

4.1. Gestión actual de desechos sólidos

El diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos, permitió identificar en el municipio de Tejutla, los intereses sobre el tema que adoptan los distintos sectores involucrados, sus necesidades, debilidades, oportunidades y soluciones, que faciliten y fortalezcan los procesos de decisión logrando soluciones viables, que respondan a las situaciones que cada uno de ellos plantea, garantizando que las mismas sean propias y sostenibles.

De las encuestas realizadas a una muestra de la población, la entrevista dirigida a empleados y visitas de campo desarrolladas durante el estudio, se ha podido establecer que el tema de los residuos sólidos en Tejutla tiene los siguientes problemas:

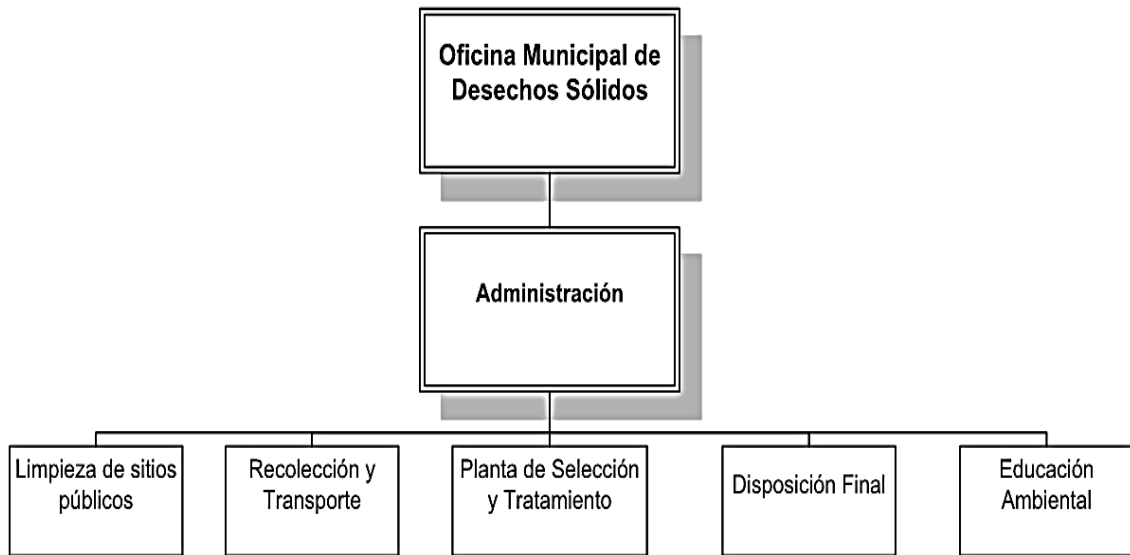
- Visión tradicional en el manejo de los residuos sólidos, por lo tanto, no recibe un tratamiento de manera integral.
- Pocos recursos del municipio son invertidos en el tema.
- La estructura administrativa municipal es insuficiente para atender el servicio de limpieza en viviendas y sitios públicos, siendo precaria para diseñar estrategias para el manejo integral de los residuos sólidos
- El presupuesto municipal asignado es insuficiente y no se cuenta con planificación económica para el desarrollo de un manejo adecuado.
- No existe normativa municipal para el servicio de recolección.

- La municipalidad sólo cubre el servicio de limpieza de calles, mercados y en los sitios públicos.
- Poca información y educación se imparte, para el manejo de residuos sólidos.
- En las viviendas el servicio de extracción, está a cargo de una empresa con permiso municipal para prestar el servicio, (con pocas posibilidades de formalizar relaciones contractuales para la prestación del servicio).
- Se desconoce la legislación ambiental, tanto por quienes operan el servicio como por los usuarios.

4.2. Construcción del perfil de la gestión de los desechos sólidos para la cabecera municipal

Para construir el perfil idealizado para la gestión de los desechos sólidos, para el área urbana de Tejutla, se partió de la información recogida en campo y se apoyó con la información documental de autores que han desarrollado trabajos en el tema de los desechos sólidos, y particularmente del tema de la gestión integral en América Latina, a partir de esta se propone el esquema de la figura 6 para el manejo integral de los desechos sólidos del municipio de Tejutla.

Figura 6. **Organigrama de la oficina municipal de Desechos sólidos de Tejutla**



Fuente elaboración propia.

4.2.1. Administración

Se recomienda como estructura administrativa para el municipio de Tejutla, una que responda al manejo con participación reguladora y que se encargue de coordinar el desarrollo del Sistema de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (SGIRS), que vele por el cumplimiento del reglamento aprobado, ser el eje articulador del sistema desde su planeación, lidere su coordinación, participe en su evaluación, sea responsable de la ejecución de acciones de manera programática.

Cuando se refiere al servicio debe partirse primeramente de un registro detallado y actualizado de usuarios, de manera sectorizada por zonas debidamente identificados por tipo de usuario, para lo cual es de utilidad el mapa actualizado del catastro.

4.2.2. Limpieza de sitios públicos

Se sugiere que el barrido de calles, mercados y sitios públicos, en Tejutla, se realice de forma manual por razones económicas, ya que la inversión inicial es baja, el mantenimiento mínimo y se requiere de poca preparación para el personal. Dentro de la herramienta de limpieza que necesita el personal, se tiene: carretilla como se muestra en la figura 7 con capacidad de 208 litros, escobas, escobeta, sacabasuras y azadón. La frecuencia del barrido de calles será de dos veces al día, de lunes a viernes en horario de 6:30 am. para mantener el ornato del municipio.

Figura 7. Carretilla para la recolección de los desechos



Fuente: fotografía cortesía del ingeniero Cesar Barrientos, obtenida el 8 de junio 2018.

4.2.3. Recolección y transporte

La recolección de los diferentes tipos de residuos, se realizará, a través del carro recolector de la oficina municipal de desechos sólidos, la ciudadanía en general, debe conocer y estar capacitada en lo referente a los días que debe sacar sus diferentes tachos con los tipos de residuos a recolectarse. Una de las características del carro recolector será el sonido, tono o música que éste emita, haciéndole saber a la ciudadanía que la recolección de residuos está en marcha. En el municipio de Tejutla dada sus características, se propone utilizar para la recolección de los desechos sólidos un método combinado que se describe a continuación:

- Para los comercios, mercados y sitios públicos, se propone el método de parada fija, los desechos se recogerán en un punto específico, donde los usuarios entregan sus residuos (una esquina de cada calle).
- Para las viviendas e instituciones públicas, se propone el método acera, en donde el vehículo recolector hace un recorrido o ruta, y el personal autorizado recibe los residuos en la puerta de la edificación del usuario.
- Instalación de tachos públicos en puntos específicos, en donde los habitantes de Tejutla, depositarán sus residuos y el vehículo recolector los retira.

4.2.3.1 Tachos domiciliarios

El almacenamiento de los residuos sólidos representa salud pública y estética. Los desechos sólidos requieren retenerse temporalmente en tanto se procesan para su aprovechamiento (COEDE, 2003a).

Los residuos sólidos se depositan en contenedores o bolsas para su temporal almacenamiento, que no debe excederse cuando se trata de materiales orgánicos. Se consideran como características básicas de un tacho seguro para el acopio de los residuos sólidos las siguientes: deben ser de un material resistente y duradero, ser fácil de manipular. Para los desechos orgánicos de Tejutla, se propone la utilización de tachos con las características de la tabla X.

Tabla X. Características del tacho para los desechos orgánicos de Tejutla

Nombre	Botes de Basura
Descripción	Contenedores de polietileno de color verde con tapa.
Capacidad	50 litros
Peso aproximado	2.8 kg
Alto	0.64 metros
Ancho	0.35 metros
Profundidad	0.40 metros

Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que, para contribuir a mejorar el manejo de los desechos sólidos, resulta conveniente almacenarlos por separado, aquellos materiales como los orgánicos que requieren menor tiempo de almacenamiento, se puedan descargar continuamente y aquellos que contengan materiales inorgánicos puedan permanecer más tiempo en ellos. Para el caso de los desechos no biodegradables como el cartón, plásticos, vidrio entre otros se propone la utilización de sacos de 68 kg de capacidad, como se utilizan en otros municipios del departamento de San Marcos ver figura 8.

Figura 8. **Sacos para recolección de desechos sólidos**



Fuente: fotografía de la memoria de labores de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez de 2015, consulta 14 de junio 2018.

4.2.3.2 Tachos públicos

Para reducir los desechos sólidos en la vía pública, deberán instalarse tachos públicos para desechos biodegradables y no biodegradables, con el fin de mantener el ornato y limpieza de las calles del municipio; por lo que se requiere que el gobierno municipal de la ciudad de Tejutla adquiera tachos de basura con las características que se presentan en la tabla XI, los cuales deberán estar identificado, para que la población tenga conocimiento en donde debe de ir cada desecho.

Tabla XI. **Características de los tachos públicos propuestos para Tejutla**

Nombre	Carretilla movable
Descripción	Diseñado con un barril y un armazón de componentes de hierro, resistente a la descomposición y el calor.
Capacidad del barril	208 litros
Peso aproximado	16 kilogramos
Alto	0.88 metros
Diámetro	0.58 metros
Profundidad	0.74 metros
Rueda	Disco de plástico de caucho, neumáticos de goma maciza de 0.2 metros de diámetro, montada sobre un disco estampado de polímero termoplástico y masa rotatoria con camisa de tubo inoxidable sobre el eje.

Fuente: elaboración propia.

Estos tachos deben estar dispuestos en lugares estratégicos para la ciudadanía, el material del tacho debe ser resistente, a fin de alargar la vida útil de los mismos, tomar en cuenta que estarán expuestos a las condiciones climáticas propias de la zona y acciones inadecuadas, por parte de ciertos ciudadanos, los tachos públicos para el municipio de Tejutla deben de ser parecidos a las caretilas de recolección que se muestran en la figura 7.

4.2.3.3 Separación en la fuente

La separación de residuos sólidos en el origen, es una de las formas más eficaces de lograr la recuperación y reutilización de materiales, sobre todo cuando se quieren someter a incineración y surge la duda del contenido de los mismos. Si bien la técnica de separación en la fuente es sencilla, se debe tener en cuenta algunos puntos muy importantes como capacitación del personal, implementación de recipientes con una adecuada clasificación y señalización (León y Pacheco, 2010). La separación de los residuos se realizará desde la fuente en donde los habitantes, deben clasificar sus residuos en biodegradables y no biodegradables, se tiene en cuenta el tipo de desecho.

Además, se describe el uso que tendrá el tacho de color verde donde se depositan los residuos orgánicos y en los sacos se depositan los residuos clasificados de papel, cartón, plásticos, metales, vidrio, entre otros.

4.2.3.4 Equipo de protección

Los operarios realizan las actividades, tanto de recolección de residuos como de limpieza de vías, por ello deben estar provistos y capacitados en la utilización del EPP (equipo de protección personal destinado a sus actividades), los implementos básicos son: uniformes de tela, jeans y franjas reflectoras, cascos de seguridad (plásticos), gafas de protección, guantes de seguridad (caucho), calzado de seguridad (botas con puntas de acero), peto de caucho, orejeras, protector respiratorio (mascarilla) y overol de una pieza para la lluvia en la figura 11 se puede observar la utilización de este equipo de protección.

4.2.3.5 Frecuencia

La frecuencia de recolección de los residuos debe prever, que el volumen acumulado de basura no sea excesivo y que el tiempo transcurrido desde la generación de basura, hasta la recolección para su disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca que varía, según el clima, de 7 a 10 días, todo para garantizar que las diferentes zonas del municipio se encuentren en condiciones de higiene.

Por lo anterior, se propone que la regularidad para recolectar los desechos en el municipio de Tejutla, sea la siguiente:

- Dos veces por semana para las viviendas, lugares públicos, comercios e instituciones.

- Un día para desechos biodegradables y otro día para desechos no biodegradables.

La jornada de recolección debe realizarse de lunes a viernes y comenzar a partir de las 6:00 am. para evitar el tráfico, iniciado en puntos cercanos en donde se guarda los vehículos recolectores y finalizando en los puntos más inmediatos al lugar de disposición final.

4.2.4. Transporte

El transporte de los desechos sólidos será responsabilidad del ente encargado de prestar el servicio, debe utilizar las vías, recorridos o rutas, horarios, y frecuencia, debidamente autorizados por la municipalidad.

El transporte de los residuos, se realizará en un carro recolector destinado para estas labores, se puede considerar aspectos necesarios a cumplir para la adquisición de un vehículo recolector, entre los que se mencionan: dimensión en m³, de acuerdo a la producción per cápita de los residuos, el ancho del vehículo deberá estar acorde a las dimensiones de las vías de la ciudad, la mismas que son de alrededor de 8 m, el vehículo recolector debe poseer una operatividad adecuada en la que sea necesaria la implementación de mano de obra siendo 1 piloto y 3 recolectores.

4.2.4.1 Tipo de vehículo

Se recomienda al gobierno municipal adquirir un vehículo recolector, que posea las siguientes características: un camión de 5 toneladas con mecanismo de volteo, con palangana con capacidad de 15 m³ de volumen. Este tipo de vehículo está disponible en el país y con fácil acceso a repuestos y mantenimiento. Este mecanismo de volteo hace más rápida la descarga y ahorra tiempo que se aprovecha en la recolección. Aunque esta opción no reduce el tamaño de la cuadrilla si representa un ahorro considerable en tiempo de descarga.

4.2.5. Tratamiento

Los desechos sólidos a los que se les podrá dar algún tipo de tratamiento o aprovechamiento en el municipio de Tejutla, son los de tipo orgánicos, textiles papel y cartón, plásticos, vidrio o metales.

Para los desechos de tipo orgánicos que representan el 15.38 % se propone realizar compost, ya que es una oportunidad para obtener recursos económicos para la municipalidad, debido a que se puede utilizar como abono orgánico. El sistema que se propone para el municipio de Tejutla es el compostaje por cámaras ventiladas, lo innovador del sistema es que el proceso se da en cámaras cerradas, cuya ventilación se logra a merced del aire convectivo caliente, producido por el calor que provoca la exotermia del mismo compostaje (hasta 70 °C). Queda así, un régimen perfectamente controlable lográndose, además de la producción de compost para la agricultura, un efecto “pasteurizador” sobre la biomasa que elimina patógenos, nemátodos y otros organismos nocivos (Barrientos, 2018).

Esto permite la obtención del compost en 4- 6 meses con solo uno o dos volteos de la “biomasa” (en lugar de 12 que requiere el compostaje por volteos sucesivos). (Barrientos, 2018)

La porción orgánica remanente, todavía con cierta cantidad de material inorgánico no recuperable, pasa a la primera etapa de las cámaras de compostaje. El compostaje se desarrolla en dos etapas para asegurar suficiente homogeneidad en la biodegradación, mediante un solo volteo intermedio por gravedad, de una cámara a otra (1ª a 2ª etapa) después de 4 meses de procesamiento. El llenado de cámaras, primera etapa, se efectúa manualmente de forma sucesiva hasta alcanzar las unidades en paralelo de esa etapa. Dicho llenado se efectúa con una duración de 30 días o más de recolección continúa (Barrientos, 2018).

Una vez completada la segunda etapa, en un período de tiempo similar (45-60 días), estas cámaras se vacían, descargando el material parcialmente compostado a los patios (techados) para su maduración/almacenaje y ulterior tamizado (manual o mecanizado se puede utilizar un tromel como el de la figura 9), así como para el ensacado y la venta o para uso local. Para este proceso de compostaje, en el municipio de Tejutla se necesita un área de 1192 m², en donde se deberá construir cámaras con capacidad de 64 a 100 m³, en la figura 10, se muestra el sistema utilizado en Rabinal, Baja Verapaz. (Barrientos, 2018)

Figura 9. Tromel para tamizar el compost



Fuente: fotografía cortesía del Ing. Pablo de León, obtenida el 8 de junio 2018.

Figura 10. Cámaras de ventilación por aireación convectiva de Rabinal



Fuente: fotografía cortesía del Ing. Cesar Barrientos, obtenida el 8 de junio 2018.

Para los desechos que se pueden aprovechar se propone la construcción de una planta de separación para el municipio de Tejutla, así posteriormente comercializar con las diferentes empresas en Guatemala, quienes se dedican al reciclaje (ver apéndice 3), dicha planta deberá de contener como mínimo el siguiente esquema: área de descarga y clasificación, área de pesaje, área de compactación y almacén para materiales clasificados.

a. **Área de descarga:** se utilizará una tolva de recepción, para la descarga de los desechos recogidos, por el servicio municipal de recolección de basura. Debido a que existe la posibilidad de que el recolector trabaje en horarios, mientras la planta de selección no labora (por ejemplo, fines de semana), el material se acumulará, en la misma hasta que se reinicien las labores de clasificación en la planta. A continuación se detallan algunas características de la tolva (Tchobanoglous, Theisen, y Vigil, 1996):

- Forma que debe tener la tolva, será en V (con la punta en dirección de la planta de reciclaje y la parte abierta, frente a la descarga de los recolectores), con un área suficiente para el almacenaje de desechos producidos en dos días.
- La basura suelta descargada, cuando la tolva está llena debe de tener una altura máxima de un metro. Esto debe tenerse en cuenta, para evitar la generación de lixiviados y de malos olores para asegurar buenas condiciones de trabajo, para los obreros.
- Para el municipio de Tejutla, se sugiere construir la tolva siguiendo un ángulo de inclinación de 3° , con las siguientes medidas (4 ancho * 6 largo * 1.5 de alto) para cubrir un volumen de $36 \text{ m}^3/\text{día}$, debido a que esta será la producción de los desechos sólidos de Tejutla dentro de 15 años.

- La tolva se construirá de hormigón, con muros a los dos lados, los muros son necesarios para evitar la dispersión de materiales volátiles en los alrededores de la planta. Los desechos serán transportados manualmente (con palas), en dirección a las mesas de separación.
- Dentro de la tolva los obreros realizan una preclasificación de los materiales grandes, para lo cual deben de abrir las bolsas de basura, esto con el fin de realizar una buena separación de los materiales.
- Hay que tener techada el área de la tolva recibidora, para impedir que se mojen los desechos descargados, lo que es muy importante para mantener la calidad exigida por los compradores.

b. **Área de clasificación:** la operación de separación de los residuos, se realizará manualmente, de esta manera, se podrá lograr materiales recuperados de más alta calidad, la clasificación manual se soporta con el uso de mesas de concreto en forma de una línea de selección que permitirá la fácil manipulación de los desechos, para incrementar la eficiencia y seguridad laboral. A continuación se presentan factores a tener en cuenta para la selección y diseño de la mesa de separación.

- Cuando la separación se hace, desde cualquiera de los dos lados de la mesa, la anchura máxima de la misma es de aproximadamente 1.20 metros.
- La elevación de la misma sobre el suelo, puede variar entre los 0.70 y 0.85 metros, y depende de la estatura promedio de los trabajadores.

- Generalmente, la mesa tiene largos de entre 10 y 20 metros; sin embargo, para municipios medianos (producción de basura hasta 50 t/día), se recomienda un diseño estándar de dos mesas de 10 metros de largo.
- Es recomendable ubicar puestos de trabajo, a cada lado de la mesa, con un espacio entre puesto de trabajo de aproximadamente 0.9 y 1.1 metros. Este espacio permitirá el libre movimiento de los trabajadores, sin ocupar demasiado espacio, ver figura 11.
- La separación de los desechos se hará utilizando las siguientes categorías: **vidrio, papel y cartón, metales, plásticos, inflamables e inertes.**

Figura 11. **Mesas de selección**



Fuente: fotografía cortesía del Ing. Cesar Barrientos, obtenida el 08 de junio de 2018.

c. **Área de compactación:** La compactación (también conocida como densificación) del material reciclable, es una operación que reduce el volumen e incrementa la densidad de los mismos, para almacenarlos y transportarlos más eficientemente. Entre los diferentes equipos disponibles, para lograr los propósitos de densificación se tienen compactadoras estacionarias, máquinas de empaquetamiento, que producen fardos asegurados con ataduras de alambre o plástico, y máquinas de peletización que producen pelets gruesos, o finos leñosos que son estructuralmente estables.

Para los desechos plásticos, vidrio, papel y residuos metálicos no voluminosos, clasificados en las mesas, se proponen que sean ubicados en costales o bolsas plásticas, luego trasladarlos a un lugar de almacenamiento temporal, hasta lograr acumular la cantidad suficiente de material para pasar al proceso de compactado en la prensa hidráulica. En cambio, los cartones se abren y se almacenan horizontalmente en el piso hasta ser compactados. Se puede delimitar con una correcta rotulación, el área que se va a utilizar para almacenar un producto específico. Para el municipio de Tejutla, que produce menos de 50 toneladas diarias, se puede trabajar con una prensa hidráulica (ver figura 12) para realizar las operaciones de compactación.

Para los desechos inflamables después de ser compactados, pueden enviarse a la incineración en cementeras o termoeléctricas, dentro del concepto de coprocesamiento, con un costo mínimo para las municipalidades.

Figura 12. **Prensa hidráulica vertical**



Fuente: fotografía cortesía de la empresa MASVI, obtenida el 06 de junio de 2018.

- d. **Área de pesaje:** Este es un proceso de control y es muy importante para el manejo de registros dentro de la planta. Los propósitos más importantes para el pesaje de los materiales son:
- Conocer los inventarios de materiales recuperados en la planta.
 - Realizar un control de las cantidades vendidas.
 - Se utilizará una balanza manual (romana), ya que es suficiente para el propósito que se requiere. Debe de ser una balanza con capacidad de pesar hasta 1000 kg, ya que los bultos compactados en una prensa hidráulica, tienen frecuentemente un peso que supera los 500 kg.

- e. **Área almacén:** Debido a que se manejan diversos residuos en la planta, se debe establecer un área de bodega para cada tipo de desecho, con la finalidad de tener un mejor control. Así mismo es necesario el traslado de los desechos, a diferentes puntos de la planta, por lo que se necesita definir los mecanismos para dicha actividad.

Hay materiales que no son procesados, después de ser clasificados y son vendidos enteros, como baterías, chatarra, entre otros. A los cuales debe asignarse un área de bodega específica, para no confundirlos con los materiales a compactar.

El área de bodega para cada tipo de desecho, depende de la periodicidad de los despachos, lo cual está relacionado con la capacidad del transporte o de la negociación a la que se llegue con los compradores.

Hay que tener en cuenta, que los materiales una vez compactados, llegan a pesar entre 250 y 700 kg, por lo cual se hace necesario la utilización de alguna herramienta para su manipulación. Para el propósito de traslado y pesado se propone la báscula Palett, de baja altura para cargar el bulto directamente de la prensa hidráulica (ver figura 13).

Figura 13. Báscula Palett



Fuente: fotografía cortesía de la empresa SIPESA, obtenida el 07 de junio de 2018.

Así como se tiene un área específica, para material antes de ser compactado, se debe definir un área donde se almacenan los bultos, que genera la prensa hidráulica los cuales serán vendidos. Hay que tener mayor atención con los bultos de cartón y papel, ya que los mismos se pueden dañar fácilmente si están expuestos a la humedad y son proclives a atraer ratas. Los bultos de plásticos compactados son menos propensos a las influencias climáticas y pueden ser guardados, tanto dentro como fuera del galpón, aunque definitivamente sería mejor tenerlos en un lugar techado.

4.2.6. Disposición final

Los desechos generados en el municipio de Tejutla, que no pueden ser recuperados por los dos métodos anteriores son los denominados inertes, estos son los que se depositarán en el relleno sanitario. Esta técnica utiliza principios de ingeniería, para confinar la basura en un área, lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Jaramillo, 2002).

Para la implementación del relleno sanitario, la primera actividad que se debe realizar es la localización del terreno. Entre los factores que se necesita analizar para encontrar el lugar adecuado, para diseñar el relleno sanitario se tiene (Jaramillo, 2002):

- Geología: el material del suelo del lugar debe ser impermeable, el suelo arcilloso es el más adecuado para la instalación de un relleno sanitario.
- Nivel freático: a más de 10 metros de la superficie.
- Hidrología superficial: drenajes naturales fuera del área del relleno, además que exista evacuación natural de fluidos para evitar inundaciones. El relleno debe localizarse a más de 500 metros de los ríos y cuerpos de agua.
- Topografía: con pendientes entre 2 % y un máximo de 20 %, de preferencia terrenos con pendientes pequeñas.
- Vocación y uso del suelo: poca producción agrícola, sin viviendas o industrias colindantes.
- Material de cobertura: disponible en el lugar (arcilla).

- Aceptación social: la población debe estar de acuerdo, con la ubicación del relleno sanitario.
- Facilidad de acceso: de preferencia a la orilla de una calle pavimentada, lo suficientemente ancha para el paso de camiones.
- Distancia de recorrido: de 2,000 a 5,000 metros de los lugares donde se tratan los residuos sólidos.
- Incidencia de vientos: la dirección de los vientos debe de predominar en dirección contraria, a la concentración de viviendas más cercanas.
- Cercanía a viviendas: las viviendas más cercanas, deben de encontrarse por lo menos a un radio de más de 500 metros, de distancia del relleno sanitario.
- Costo por cuerda: el costo del terreno no debe de estar sobrevalorado, se recomienda buscar costos bajos.

Para conocer la capacidad (área y volumen) necesaria del relleno sanitario que se necesita en el municipio de Tejutla departamento de San Marcos, para una vida útil de 15 años se utilizará los parámetros que se presentan en la tabla XII.

Tabla XII. Criterios para calcular el área requerida para un relleno sanitario

Incremento de la Producción Per Cápita.	Densidad de compactación Kg/m ³	Material de cobertura m ³	Densidad del relleno estabilizado Kg/m ³	Profundidad del relleno Metros	Área adicional de infraestructura y amortiguamiento de impactos. m ²
0.5 a 1 % anual	500	20 % del volumen de desechos compactados	600	3 a 6	30 % del área del relleno.

Fuente: Jaramillo, J. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. 2002. P. 69

La tabla XIII presenta los cálculos para las dimensiones del relleno sanitario, con los parámetros establecidos anteriormente, el área requerida es de 31,684 metros cuadrados, (terrenos equivalentes a 3.17 hectáreas como mínimo), con una profundidad de 4 metros y una vida útil de 15 años de operación del relleno, en este solo se considera los desechos generados en el área urbana.

Para el cálculo del relleno sanitario, se proyectó la población del área urbana del municipio de Tejutla, utilizando el método crecimiento geométrico, con una población inicial para el año 2010 de 4,099 habitantes en el área urbana y tasa de crecimiento poblacional de 2.45 % anual, según el INE en su caracterización para el departamento de San Marcos del año 2012.

Tabla XIII. Cálculo del área necesaria para el relleno sanitario de Tejutla

Año	PPC	Población urbana	Cantidad de desechos sólidos			Volumen							Área requerida del relleno sanitario (m ²)
			Diaria (t/día)	Anual (t/año)	Acumulada (t/año)	Desechos compactados		Material de cobertura		Desechos Estabilizados (m ³ /año)	Relleno sanitario		
						Diaria (m ³ /día)	Anual (m ³ /año)	Diaria (m ³ /día)	Anual (m ³ /año)		Anual (m ³)	Acumulado (m ³)	
2017	0.606	4856	2.94	1074.06	1074.06	9.81	2685.14	1.96	537.03	2148.11	2685.14	2685.14	873
2018	0.609	5029	3.06	1118.02	2192.08	10.21	2795.05	2.04	559.01	2236.04	2795.05	5480.19	2654
2019	0.615	5160	3.17	1158.45	3350.52	10.58	2896.12	2.12	579.22	2316.89	2896.12	5691.17	4503
2020	0.621	5293	3.29	1200.34	4550.86	10.96	3000.84	2.19	600.17	2400.67	3000.84	5896.95	6420
2021	0.627	5430	3.41	1243.74	5794.60	11.36	3109.35	2.27	621.87	2487.48	3109.35	6110.18	8406
2022	0.634	5571	3.53	1288.71	7083.31	11.77	3221.78	2.35	644.36	2577.42	3221.78	6331.12	10463
2023	0.640	5715	3.66	1335.31	8418.62	12.19	3338.27	2.44	667.65	2670.62	3338.27	6560.05	12595
2024	0.646	5863	3.79	1383.59	9802.21	12.64	3458.98	2.53	691.80	2767.18	3458.98	6797.25	14804
2025	0.653	6015	3.93	1433.62	11235.83	13.09	3584.05	2.62	716.81	2867.24	3584.05	7043.03	17093
2026	0.659	6171	4.07	1485.46	12721.29	13.57	3713.65	2.71	742.73	2970.92	3713.65	7297.70	19465
2027	0.666	6331	4.11	1,500.31	12,848.50	13.70	3,750.79	2.74	750.16	3,000.63	3,750.79	7,370.68	21861
2028	0.673	6495	4.15	1,515.32	12,976.99	13.84	3,788.29	2.77	757.66	3,030.64	3,788.29	7,444.39	24280
2029	0.679	6663	4.19	1,530.47	13,106.76	13.98	3,826.18	2.80	765.24	3,060.94	3,826.18	7,518.83	26724
2030	0.686	6836	4.24	1,545.78	13,237.83	14.12	3,864.44	2.82	772.89	3,091.55	3,864.44	7,594.02	29192
2031	0.693	7013	4.28	1,561.23	13,370.20	14.26	3,903.08	2.85	780.62	3,122.47	3,903.08	7,669.96	31684

Fuente: elaboración propia.

4.2.7. Educación ambiental

La educación ambiental y la participación social están relacionadas estrechamente, debido a que resultan ser soportes básicos de todo programa ambiental, toda vez que pueden convertirse en catalizadores, para potenciar los complejos en los procesos de cambio social, generando compromisos entre los distintos protagonistas sociales, a favor de la formación de patrones de convivencia, producción y consumo sustentables amigables con el ambiente.

En el aspecto social es necesario desarrollar programas de educación ambiental, en diferentes niveles y sectores del municipio de Tejutla, debido a que las soluciones de la problemática ecológica dependen en gran medida de la participación activa y consciente de todos los sectores de la población, por lo que es necesario realizar acciones de educación ambiental, a través de un proceso continuo y permanente, que inicie en el hogar y siga a lo largo de las diferentes etapas del sistema educativo formal y no formal.

Las líneas estratégicas propuestas para el programa de educación ambiental en el municipio de Tejutla, el cual ayudará a desarrollar y mejorar las condiciones de gestión de los residuos sólidos urbanos, son las siguientes:

- **Legal ambiental:** El Gobierno Municipal en concordancia con el Código Municipal, está en la capacidad de formular, crear y aprobar ordenanzas aplicables a la gestión de los residuos sólidos en el municipio, para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.
- **Participación ciudadana:** A través de eventos diversos, involucrar a la sociedad en la conservación de los recursos naturales, separación de los desechos y atención a los problemas ambientales, con la finalidad de provocar una corresponsabilidad en esta tarea tan apremiante.

- Difusión: Establecer estrategias de difusión sobre temas y actividades ambientales, con contenidos claros, sencillos y precisos, que permita incentivar nuevos valores en la ciudadanía, que ayuden a desarrollar su sentido de responsabilidad en problemas ambientales. Aunado a ello dar a conocer el quehacer de la municipalidad en el tema ambiental.
- Capacitación: El personal que realice las actividades de recolección de los residuos sólidos, deberá estar capacitado en lo referente al uso de los equipos de protección personal básicos para estas actividades, manipulación de los diferentes tipos de desechos, seguridad y salud ocupacional, así como en la manipulación de los tachos, a fin de evitar su deterioro y alargar el tiempo de vida útil.

Para la población del municipio de Tejutla, se propone el siguiente programa de educación ambiental, el objetivo principal de este programa es sensibilizar a la población en la problemática de los desechos sólidos y cómo podemos desde el hogar separar los desechos sólidos. En la tabla XIV, se presentan las actividades que debe realizar la municipalidad, a través de la oficina municipal de desechos sólidos.

Tabla XIV. **Actividades propuestas para la educación ambiental en Tejutla**

Línea estratégica	Actividad
Legislación ambiental	<p>El reglamento municipal para la gestión de los residuos sólidos urbanos, debe incorporar los siguientes aspectos: incluir los horarios de recolección, frecuencias, sanciones y el sistema para la recolección de los residuos en la ciudad, la cual deberá ser cumplida por sus habitantes.</p> <p>Ordenanza para prohibir el uso de: bolsas plásticas, duroport, pajillas y derivados.</p> <p>El gobierno municipal deberá asignar a dicha unidad los recursos humanos, económicos y equipo para su funcionamiento.</p>
Participación ciudadana	<p>Restauración y reforestación de áreas verdes degradadas.</p> <p>Campañas de sensibilización y reciclaje en establecimientos educativos de nivel primario, básico y diversificado.</p> <p>Creación de patrullas verdes: integradas por los diferentes COCODES del área urbana, para limpieza de calles, ríos y bosques del municipio.</p> <p>Separación de los desechos desde el hogar.</p> <p>Educación ambiental a padres de familia y COCODES.</p> <p>Uso de los tachos públicos.</p> <p>Campañas de reciclaje por escuelas, instituciones privadas y públicas.</p> <p>Cursos de capacitación a productores para el desarrollo sustentable y elaboración de compost.</p>
Difusión ambiental	<p>Programas de radio, boletines informativos, mantas vinílicas, trifoliales, entre otros.</p>
Capacitación ambiental	<p>Protección ambiental.</p> <p>Normativa Ambiental</p> <p>Riesgo en el manejo de los desechos sólidos.</p> <p>Seguridad, higiene y medio ambiente.</p> <p>Manejo integral de los desechos sólidos.</p>

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Sobre las características básicas de los desechos sólidos residenciales generados en el casco urbano del municipio de Tejutla, se tiene que:
 - La producción per cápita es de 0.60 kg/día/habitantes (incluyendo todas las fuentes generadoras)
 - El peso específico es de 148.48 Kg. /m³.
 - El porcentaje de orgánicos es de 15 %.
 - El porcentaje de reciclables es de 37 %
 - El porcentaje de inorgánicos es de 19 %
 - El porcentaje de desechos finos no clasificados es de 29 %.
 - El volumen diario es de 7.5 m³.
 - El peso diario es de 3 toneladas.
2. Actualmente el manejo de los desechos sólidos en el municipio de Tejutla, es inadecuado y es uno de los principales problemas del municipio, porque tiene un efecto directo en la salud de la población y en el medio ambiente, disminuyendo la calidad de vida. Por consiguiente, es de vital importancia que se pueda brindar el manejo adecuado para cada tipo de desechos, para proporcionar a la población mejores condiciones de salubridad y contribuir a la conservación y protección del medio ambiente.
3. El sistema de limpieza del municipio de Tejutla, San Marcos, requiere un reacondicionamiento para adecuarse a las características de los desechos generados y las necesidades del municipio, para brindar un mejor servicio, ya que actualmente solo sirve como medio de transporte.

4. La implementación del programa de gestión integral de desechos sólidos en el municipio de Tejutla, contribuye a mejorar el servicio de recolección proporcionando tratamiento y manejo adecuado para cada tipo de desecho, incorporando hábitos culturales que permitan buenas prácticas ambientales desde el ámbito familiar.

5. Para mejorar el tratamiento de los desechos sólidos residenciales en el municipio de Tejutla, se debe implementar un programa de gestión integral de desechos, en el cual se deben proporcionar los siguientes tratamientos: el compost para desechos vegetales, el reciclaje para papel y cartón en buen estado, plásticos, metales, vidrio entre otros y el relleno sanitario para los inorgánicos, desechos finos no clasificados y los desechos inertes provenientes de los métodos de compost y reciclaje.

6. Los desechos sólidos residenciales que se pueden aprovechar son: orgánicos, plásticos, papel y cartón, los cuales representan el 42 % del total de los desechos generados en el municipio de Tejutla.

RECOMENDACIONES

1. La municipalidad debe crear la oficina municipal de desechos sólidos, a fin de que tenga la suficiente autonomía para aplicar, controlar, regular, monitorear evaluar todos los procesos y políticas establecidas para el manejo de los desechos.
2. La oficina municipal de desechos sólidos, debe elaborar y presentar el reglamento al Concejo Municipal, para la administración, operación y mantenimiento del servicio de recolección y disposición final de los desechos sólidos, generados en el casco urbano de Tejutla.
3. La municipalidad debe dotar al personal de limpieza pública de: herramientas, equipo de protección personal y maquinarias, aunado a ello debe capacitar en aspectos técnicos y operativos en temas de gestión integral de residuos sólidos.
4. La municipalidad debe establecer un control de los desechos sólidos recolectados en la ciudad, creación de políticas de recaudación que permitan hacer el sistema sostenible y evitar la recolección de residuos que no estén permitidos por el reglamento municipal.
5. Realizar programas de educación ambiental y participación ciudadana, para promover la cultura del reciclaje de desechos sólidos entre la población del municipio de Tejutla.

6. La oficina municipal de desechos sólidos, debe Identificar alternativas de tratamiento y disposición final de los desechos hospitalarios, para disminuir el peligro potencial que estos representan a la salud de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio, G; Rossin, A; Teixeira, PF; Zepeda, F. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Desechos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe. eds. BID (Banco Interamericano de Desarrollo) / OPS Organización Panamericana de la Salud). Washington, D.C, US. 1997.
- Alfonso R. (2003). Análisis económico de la ampliación de la cobertura del manejo de desechos sólidos por medio de la segregación en la fuente En Lima cercado (Tesis Maestría en Ingeniería Industrial). Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Ingeniería Industrial. Lima – Perú.http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/chung_pa/t_completo.pdf
- Avendaño Rojas, D. A. (2003). *El proceso de compostaje*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1994-1998). Diagnóstico de la situación del manejo de desechos sólidos municipales en América Latina y el Caribe”.
- Barradas Rebolledo, A. (2009). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales*. Minatitlán, Veracruz, México: Universidad Politécnica de Madrid.
- Barrientos, Ingeniero. Cesar. (8 de junio de 2018). Propuesta de Manejo Integral de Residuos Sólidos. (H. Ramos, Entrevistador)
- Barrientos, L. (17 de 5 de 2017). Situación de los desechos sólidos en Tejutla. (H. Ramos, Entrevistador)
- Bosque J., Gómez M., Rodríguez V., Díaz M., Rodríguez A., y Vela A. (1999). Localización de centros de tratamiento de desechos: una propuesta metodológica basada en un SIG. Revista Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 19, PP 1-29.

- Cañedo R., Barragán M., Oliver B. y Juárez O. (2014). Calidad de vida y medio ambiente: desechos sólidos y bienestar en tres escuelas de la cuenca alta del río La Sabana, Acapulco, Guerrero, México. *Población y Salud en Mesoamérica*, 12, pp 1-28.
- Castro A., Matallana G. y, Echeverry Sonia. (2009). Comparación de la flora microbiana a partir de dos metodologías para el tratamiento de desechos sólidos domiciliarios en Garagoa, Boyacá. *Revista colombiana de biotecnología*, XI, PP 1-13.
- Congreso de la República de Guatemala, Código Municipal, Decreto Número 12-2002, Guatemala, mayo 2002 y sus reformas Decreto Número 22-2010, Guatemala, junio 2010.
- Custodio A. (2008). Métodos y técnicas de investigación científica. <http://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/>.
- Dary, J. M. Presentación de Política Nacional para el Manejo Integral de los desechos y desechos sólidos, Guatemala. Guatemala, Eds. CONADES (Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos); GTZ (Cooperación Técnica Alemana), 2005.
- De León, Ingeniero. Pablo. (8 de junio de 2018). Cómo realizar el tamizado del compost. (H. Ramos, Entrevistador)
- Domingo, J. (2010). Importancia de la implementación de una legislación política integral en el manejo de desechos sólidos en Guatemala. (Tesis Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales). Universidad san Carlos de Guatemala, Guatemala, http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/04/04_8238.pdf
- Estrada R. (2013). Caracterización de los desechos sólidos Domiciliarios, Urbano Residencial. 20/06/216, de SlideShare Sitio web: <http://es.slideshare.net/Rossoledo/caracterizacin-de-los-desechos-slidos-domiciliarios>
- Ferrer J. (2010). Metodología de la investigación. <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>

- Gómez M. y Romero R. (2002). Ensayo metodológico para la localización de instalaciones de tratamiento de desechos sólidos urbanos en la Unidad Territorial de Gestión 2B de la Comunidad de Madrid. *Revista Anales de Geografía de la Univ. Complutense*, 22, pp 1-35.
- Helvetas, S. I. (2016). *Estudio de caracterización de los residuos sólidos del casco urbano del municipio de Tejutla, San Marcos*. San Marcos: HELVETAS.
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Colombia: El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS).
- Jaramillo J. (2003). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; Efectos de la inadecuada gestión de Desechos sólidos; Universidad de Antioquía, Medellín.
- León, E., y Pacheco, H. (2010). *Disposicion sanitaria de residuos solidos y elaboracion de compost en nuestra familia y comunidad*. OPS/OMS.
- López N. (2006). Métodos y técnicas de investigación. http://recursos.udgvirtual.udg.mx/biblioteca/bitstream/20050101/1103/2/Metodos_y_tecnicas_de_investigacion_cuantitativa_y_cualitativa.swf
- López, N. (2009). *Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cerete – Cordoba*. Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana.
- Najar, L., Molina, M. y Prósperil, S. (1998). Tasas de generación de desechos sólidos urbanos. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/argres021.pdf>.
- Municipalidad, T., y Helvetas, S. I. (2016). *Análisis del tren de aseo de la municipalidad de Tejutla, San Marcos*. Guatemala.
- Pineda, E. F. (2011). *Diagnóstico administrativo municipal*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Ríos Hernández, A. (2009). *Gestión integral de los residuos*. México, D. F. : Instituto Politecnico Nacional.

- Roman, F. (2011). *Costos y rentabilidad de unidades artesanales de Tejutla*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Saidón M. (2013). Resultados evidenciados en un programa de reciclado de desechos domiciliarios en Quilmes (Argentina). *Revista Gestión y Ambiente*, 16, pp 1-14.
- Sánchez Olgúin, G. (2007). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del Estado de Hidalgo*. Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial SEMADET. (2014). *Guía para elaboración de Programa Municipal*. Jalisco, México: SEMADET.
- SEGEPLAN. (2010). *Plan de desarrollo municipal de Tejutla*. Guatemala: SEGEPLAN.
- Tchobanoglous, G. (1994). *Gestión integral de Residuos Sólidos*. Mexico: McGraw-Hill, Interamericana de España, S.A.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., y Vigil, S. (1996). *Gestión integral de residuos*. España.
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., y Eliassen, R. (1982). *Desechos sólidos principios de ingeniería y administración*.
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2008). *Guía para el Manejo Integral de Desechos*.
<http://www.metropol.gov.co/Desechos/Documents/Cartillas/centros%20com.pdf>.
- Vásquez H. (2005). Tipo de estudios y métodos de investigación.
<http://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>.
- Velásquez A. (2007). La gestión de los desechos sólidos urbanos en la ciudad de Hannover: un modelo exitoso. *Revista Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 28, 15.
- Velásquez, E. G. (2009). *la historia del municipio de tejutla del departamento de San Marcos*. Guatemala.

APÉNDICE 1

BOLETA DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN A EMPLEADOS

1. Distancia a la cabecera departamental _____ Kilómetros.
2. División política municipal: Aldeas _____ Caseríos _____
Parajes _____ Fincas _____ Cantones _____ Otros _____
3. ¿Tiene la Municipalidad organigrama general funcional? (adjuntar copia) _____
4. ¿Tiene conocimiento del Código Municipal y sus modificaciones?
Sí _____ No _____
5. ¿Cuenta la Municipalidad con su propio reglamento de relaciones laborales?
Sí _____ No _____
6. ¿Está conformada la comisión de ambiente y recursos naturales?
Sí _____ (quienes la conforman) _____

_____ No _____
7. ¿Cuenta con la oficina de desechos sólidos?
Sí _____ No _____

8. ¿Presta el servicio de recolección y disposición final de desechos sólidos (Basura)?
Sí__ No____(por qué)_____
9. ¿Con qué infraestructura cuenta el servicio de recolección?

10. ¿Cuentan con reglamento para la prestación del servicio de recolección?
Sí_____ No_____
11. ¿Tiene algún registro de usuarios?
Sí_____ (Cuantos usuarios tienen) _____ No_____
12. ¿Qué tarifa cobra por la prestación del servicio de recolección?

13. ¿Realizan la limpieza de las vías públicas?
Sí_____ (que días y en qué lugares)_____

No_____(porque)_____

14. ¿Con cuánto y cómo está organizado el personal para este servicio?_____

15. ¿Cuentan con algún organigrama?
Sí (adjuntar)_____ No_____
16. ¿Con qué equipo de protección y herramientas, se dota el personal del servicio de recolección? _____

17. ¿A quiénes les presta el servicio recolección?
Residencias_____ Instituciones públicas_____ Comercios_____
Otros (Especifique) _____
18. ¿Cómo se realiza la recolección de los desechos sólidos?
Clasificada_____ Revuelta_____ Otro (especifique) _____
19. ¿Se cuentan con rutas establecidas para el recorrido de recolección?
Sí (adjuntar) _____ No_____
20. ¿Dónde son almacenados los desechos sólidos? _____

21. ¿Qué transporte utilizan para la recolección de los desechos sólidos? _____
22. ¿Los empleados reciben capacitación para el manejo adecuado de los desechos sólidos?
Sí (especifique) _____
_____ No_____

23. ¿Qué tipo de tratamiento reciben los desechos sólidos?
 Compost _____ Reciclaje _____ Incineración _____
 Otro (especifique) _____
24. ¿Existe vertedero municipal?
 No _____ Sí (ubicación) _____
25. ¿Tienen identificados los basureros clandestinos?
 Sí _____ No _____
26. ¿Cuál es el presupuesto para el funcionamiento de este servicio? _____

27. ¿Existe algún plan de capacitación en educación ambiental? _____

28. ¿Existe algún plan o programa de concientización a la población en el tema de desechos sólidos?
 No _____ Sí (especifique) _____

29. ¿Existen grupos organizados en el tema de desechos sólidos?
 No _____ Sí (especifique) _____

APÉNDICE 2

BOLETA PARA EVALUAR EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, EN TEJUTLA

Fecha: _____

Código:

--

Tipo de usuario.

Domiciliar	Comercio	Áreas de plazas	Instituciones
------------	----------	-----------------	---------------

1. ¿Cree que es de mal aspecto ver basura tirada por las calles de su municipio?

SÍ	NO
----	----

2. ¿Qué hace usted cuando ve que alguien tira basura?

Se molesta	Lo ayuda	Lo ignora
------------	----------	-----------

3. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?

1 a 3 personas	4 a 5 personas	Más de 5 personas
----------------	----------------	-------------------

4. ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar su basura?

Botes plásticos	Costal	Bolsa plástica	Tonel	Cajas
-----------------	--------	----------------	-------	-------

5. ¿Recibe usted el servicio de limpieza pública?

SÍ	NO
----	----

6. ¿Si es negativo que hace con su basura?

La tira	La quema	La entierra	Otro
---------	----------	-------------	------

7. ¿Cuántas veces por semana pasa por su casa el camión recolector?

1	2	3	4	5	6	7	No pasa
---	---	---	---	---	---	---	---------

8. ¿Qué días pasa el camión recolector?

9. ¿Sabe si existe recolección informal de basura en el municipio?

SÍ	NO
----	----

10. ¿Qué tipos de desechos son los que produce en su hogar?

Orgánicos	Papel	Inorgánicos	Aluminio
Vidrio	Ropa	Plástico	Otros

11. ¿Sabe usted cuál es el destino final de su basura?

SÍ	NO
----	----

12. ¿Quién realiza la limpieza de las calles?

La población	Municipalidad	Otros	No sabe
--------------	---------------	-------	---------

13. ¿Qué opina de la labor municipal con respecto al servicio de tren de aseo?

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo
-----------	-------	---------	------	--------

14. ¿Qué opina de la labor municipal con respecto a la limpieza de calles?

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo
-----------	-------	---------	------	--------

15. ¿Sabe usted lo que es reciclaje?

SÍ	NO
----	----

16. ¿Qué problemas detecta en el servicio municipal?

No pasa el vehículo	Personal mal capacitado	No tienen horario fijo	Dejan caer artículos
Falta de cortesía	Horario inadecuado	Mala organización	Otros

17. ¿Estaría usted dispuesto a participar en una campaña de reciclaje?

SÍ	NO
----	----

18. ¿Usted es consciente de que la basura puede causar impacto negativo a su salud?

SÍ	NO
----	----

19. ¿Qué actividades realiza la municipalidad para la reducción de la basura en el municipio?

20. ¿A qué se dedica?

Agricultura	Comercio	Profesional	Otro
-------------	----------	-------------	------

21. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio de recolección mensualmente?

Nada	Menos de Q5.00	Q5.00 a Q10.00	Más de Q10.00
------	----------------	----------------	---------------

APÉNDICE 3

Tabla XV. Empresas dedicadas a la comercialización de desechos sólidos

Nombre	Dirección	Teléfono
Centro de reciclaje	Kilómetro 224 Carretera Panamericana, Cantón Chichiguitan Zona 5, Quetzaltenango.	5547-5657
Recicladores de Occidente	7 avenida 15-40 zona 5 las rosas, Quetzaltenango.	5317-8901
Recicladora don tito	8a. Calle D 10-32 Zona 1, Quetzaltenango.	5913-3685 54940840
ECOPLAST	13 Calle 3-92 Zona 7 Colonia Landívar, Parque Eco-Industrial, Guatemala.	2440-7410 2315-5050
Recicladora de metales trébol	6a Calle 0-25 Zona 12, Guatemala.	2471-9446 trevolmetal@gmail.com
Amigos de la naturaleza	22 avenida 34-80 zona 12, colonia Santa Elisa, Guatemala.	2476-9884 2477-0828
EXPORE	Kilómetro 14 carretera al atlántico zona 17, Guatemala.	2261-5593
EUROPET	Kilómetro 21 antigua carretera a Amatitlán, Lote # 7, Villa Nueva, Guatemala, C.A.	6644-2400
SICASA VICAL	Avenida Petapa 48-01, Zona 12, Guatemala.	2479-2644 2479-2645
Reciclados de C.A.	Avenida Petapa y 56 Calle Zona 12, Guatemala.	2326-5688
Puerto fierro	Av. Elena 24-30, zona 3, Guatemala.	2232-1355 2238-2618
Ecotoner	50 Calle 18-37 Zona 12, Guatemala.	2326-3333
Metalenvases S.A.	13 Avenida C 2-60 Zona 2, Mixco Col Santa Rita II, Guatemala	2250-6315
Mega reciclaje 2000	2ª avenida 36-25 Zona 8, Guatemala.	2440-2056 2703-2217
SEPACA	1ª C A Lote 22 Z-18 Colonia Lomas De Lavarreda, Guatemala.	2258-2006

Fuente: elaboración propia.