

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE  
CHIAPAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
P.E. DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**INFORME TÉCNICO**

**“PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO MUNICIPAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE  
COAPILLA, CHIAPAS”**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTAN:**

**Alan Alexis Villatoro Cruz  
Diego Humberto Arevalo Cruz**

**DIRECTOR:**

**Mtro. Pedro Vera Toledo**



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, noviembre del 2021



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Fecha: 29 de noviembre del 2021

C. Alan Alexis Villatoro Cruz

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Propuesta de Plan de Manejo Municipal de Residuos Sólidos en la cabecera municipal

de Coapilla, Chiapas

En la modalidad de: Informe Técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

**Firmas:**

Dr. Carlos Manuel García Lara

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Mtro. Pedro Vera Toledo

Ccp. Expediente



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
**SECRETARÍA GENERAL**  
**DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR**  
**AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
Fecha: 29 de noviembre del 2021

C. Diego Humberto Arevalo Cruz

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:  
Propuesta de Plan de Manejo Municipal de Residuos Sólidos en la cabecera municipal  
de Coapilla, Chiapas

En la modalidad de: Informe Técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

**Firmas:**

Dr. Carlos Manuel García Lara

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Mtro. Pedro Vera Toledo

Three handwritten signatures in black ink are written over three horizontal lines. The first signature is at the top, the second in the middle, and the third at the bottom, all appearing to be in cursive or semi-cursive script.

Ccp. Expediente

## **Agradecimientos**

Agradecemos a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, por todos los servicios que brindan a la comunidad universitaria, los cuales han ido mejorando e incrementando con el paso de los años y también, por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente dentro del programa educativo de Ingeniería Ambiental.

Al maestro Pedro Vera Toledo, por haber aceptado desarrollar este tema y apoyarnos en todo momento. Así mismo, por tomarse el tiempo de las revisiones constantes y sus comentarios acertados.

Al cuerpo académico del programa educativo de Ingeniería Ambiental, por ser parte de nuestra formación como ingenieros, compartir su conocimiento en clases e inculcar en nosotros el interés de seguir aprendiendo.

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser el motor de mi vida, que durante esta importante etapa no me dejó solo, por cada día que me permitió vivir al máximo, y por permitirme dejar una parte de mí en este trabajo, ya que al final mi objetivo fue: dejar el mundo en mejores condiciones de cómo lo encontré.

A mis padres, quienes siempre estuvieron presentes y me otorgaron sus mejores consejos en esta etapa. Por su confianza en este proceso, el cual no me alcanzarán los recursos ni la vida para agradecerles todo lo que hicieron por mí, mi admiración y respeto siempre.

A mi hermano, que a él le debo una parte de este trabajo, por ayudarme incondicionalmente y tenerme paciencia todo el tiempo.

A mi compañero de trabajo, el mejor amigo que pude encontrarme, compañero inigualable de aventuras, con quien viví momentos únicos y quien me enseñó el valor de una verdadera amistad.

**Diego Humberto Arévalo Cruz**

A Dios gracias por cada detalle y momento durante la realización de este trabajo, gracias a él por ser la base moral, por cada día en el que me permitió despertar no solo con vida, sino que también me permitió continuar con salud, fuerzas y empeño.

Y así mismo agradecer a mis padres por ser los principales motores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, en mis expectativas.

Gracias por cada consejo y cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

Agradezco a mi mejor amigo con quien aparte de vivir en el desarrollo y construcción de este trabajo, pase momentos increíbles que no cambiaría por nada, y con quien comprendí que la amistad es el valor más significativo en esta vida.

**Alan Alexis Villatoro Cruz**

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>6</b>
INTRODUCCIÓN.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	9
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
OBJETIVOS.....	13
<i>Objetivo general.....</i>	<i>13</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>13</i>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>
MARCO TEÓRICO.....	14
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>25</b>
METODOLOGÍA.....	25
<i>Área de estudio.....</i>	<i>25</i>
<i>Generación.....</i>	<i>25</i>
<i>Generación per-cápita de Residuos sólidos domésticos.....</i>	<i>28</i>
<i>Composición.....</i>	<i>28</i>
<i>Diagnóstico al manejo actual de los residuos.....</i>	<i>30</i>
Almacenamiento temporal.....	30
Barrido.....	30
Recolección.....	30
Transporte.....	31
Tratamiento.....	31
Disposición Final.....	31
<i>Análisis de los costos asociados al manejo actual de los residuos sólidos.....</i>	<i>33</i>
<i>Análisis de los residuos a considerar en el Plan de Manejo.....</i>	<i>34</i>
<i>Propuesta y Formulación del Plan de Manejo de RSU.....</i>	<i>34</i>
Formulación de la propuesta del Plan de Manejo de RSU.....	34
<i>Construcción de Rutas de Recolección.....</i>	<i>38</i>
<i>Construcción del mapa de Sitios Idóneos para un Relleno Sanitario.....</i>	<i>38</i>

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>41</b>
RESULTADOS .....	41
<i>CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS</i> .....	41
Generación per cápita.....	41
Composición .....	43
Peso volumétrico.....	45
ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL MANEJO.....	46
<i>RECOLECCIÓN</i> .....	48
Estudio de tiempos y movimientos .....	48
<i>DISPOSICIÓN FINAL</i> .....	48
ANÁLISIS DE LOS COSTOS ASOCIADOS AL MANEJO ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	50
<b>PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO DE RSU DE LA CABECERA MUNICIPAL DE COAPILLA, CHIAPAS.....</b>	<b>52</b>
DIAGNÓSTICO DEL RESIDUO.....	52
FORMAS DE MANEJO INTEGRAL PROPUESTAS PARA EL RESIDUO .....	62
METAS DE COBERTURA DEL PLAN, DE RECUPERACIÓN O APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DURANTE LA APLICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO.....	72
DESCRIPCIÓN DEL DESTINO FINAL DEL RESIDUO. ....	73
MECANISMOS DE OPERACIÓN, CONTROL Y MONITOREO PARA EL SEGUIMIENTO DEL PLAN, ASÍ COMO LOS MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y MEJORA DEL PLAN DE MANEJO. ....	73
PARTICIPANTES DEL PLAN Y SU ACTIVIDAD.....	75
MECANISMOS DE DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN A LA SOCIEDAD EN GENERAL.....	75
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	77
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>83</b>
CONCLUSIONES .....	83
REFERENCIAS .....	85
ANEXOS .....	88

# CAPÍTULO I

## Introducción

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2003) en su artículo III fracción XXXII, define el término de residuo como:

*“Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”*

Y de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) en su artículo III fracción XXIX, se define:

*“Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven”*

Mientras que los Residuos sólidos urbanos (RSU) se encuentran definidos en dicha ley como:

*“los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques...”*

Todos los problemas sociales, económicos y ambientales ligados a una inapropiada gestión de residuos sólidos son remotos y al pasar los años se han incrementado, todo esto de la mano con el desarrollo de la ciencia y de la tecnología, haciendo una excepción a naciones desarrolladas en donde la ejecución de la normatividad ambiental y la participación social son de carácter obligatorio (Augusto, J. *et al.*, 2016).

El patrón acelerado de producción que fue causado por la Revolución Industrial cimentado en el uso excesivo de energía fósil, de igual forma en la sobre explotación de todos los recursos naturales como el agua, el aire y el suelo para utilizarlo como sitios de disposición final los cuales en su mayoría no son regulados correctamente, lo que constituye el principal motivo de degradación ambiental que se presenta actualmente en muchos países. Los residuos son un fenómeno social, lo que lo convierte en uno de los mayores problemas que las sociedades contemporáneas presentan (Augusto, J. *et al.*, 2016).

El manejo de los residuos sólidos es esencial para una gestión adecuada de ellos, por lo tanto, la elaboración de un instrumento que permita contemplar todas las etapas correspondientes

con fundamentos en normas en cuanto a legislación se refiere. Este instrumento permite llevar a cabo el control sobre un sistema, desde la generación en las casas-habitación hasta el momento de ser dispuestos a un relleno sanitario (Sáez, A., y Urdaneta, G., 2014).

A nivel municipal, cuando es una localidad rural, es difícil que cuente con este tipo de herramientas debido al rezago económico y poco crecimiento tecnológico, lo que conlleva que las personas encargadas de manejar los residuos no cuenten con la capacitación adecuada, por esta razón se ha optado por adoptar malas prácticas al momento de manejar los residuos. Por lo anterior, al utilizar este tipo de prácticas no se toma en cuenta los daños graves a corto, mediano o a largo plazo que pueden ocasionar a los diferentes factores bióticos y abióticos (Hernández, S., y González, R., 2016).

En la cabecera municipal de Coapilla, se opta por las costumbres que hoy en día son perjudiciales y que lamentablemente muy comunes en este tipo de regiones dado que existe una falta de concientización y así mismo una escasez en cuanto a información sobre temas ambientales, específicamente sobre el manejo adecuado de estos residuos.

Está demostrado que una correcta aplicación de un Plan de Manejo (Guzmán, M y Macias, C., 2012), incide desde la toma de decisiones de las autoridades municipales en la ejecución de proyectos destinados a los residuos hasta los beneficios que se obtienen en favor del ambiente.

## **Planteamiento del problema**

En el mundo actual, la generación de residuos sólidos ha aumentado significativamente, por lo que se ha convertido en un problema. Una de las características principales del problema es el manejo inadecuado que se le dan a los residuos.

Añadiendo que los principales factores del problema son la indisciplina social y la indiferencia de funcionarios públicos (Niño, A. *et al.*, 2017).

El desarrollo de la tecnología en el último siglo ha generado un costo ambiental muy elevado para la naturaleza y para la sociedad, siendo que la primera está llegando a su límite de capacidad de suministro regular de sus recursos renovables y de recibir todos los residuos resultantes del consumo de la sociedad. (Cruz y Ojeda, 2013).

Cruz y Ojeda (2013) describen que *“La generación de residuos contribuye a ese costo ambiental que tenemos que pagar, siendo a nivel mundial uno de los problemas ambientales más graves que los gobiernos deben enfrentar; en las últimas décadas su ritmo de crecimiento ha sido acelerado, con una mezcla cada vez más heterogénea y peligrosa tanto para la salud como para el ambiente. Por ello es necesario reintegrar los residuos que generamos a procesos ambientales y cadenas económicas para valorizarlos y beneficiar tanto a la población como a nuestro entorno. De ahí la importancia de gestionar adecuadamente los residuos que generamos para transformarlos en recursos e impactar en el ahorro de materias primas a través de prácticas de reúso y reciclado; así, también es importante la conservación de los recursos naturales para favorecer la reducción del impacto ambiental que provoca la generación de residuos y promover el desarrollo sostenible”*.

Está demostrado que una correcta aplicación de estrategias clave en la gestión de residuos evita que estos terminen, en su totalidad, enterrados en vertederos municipales. Es aquí donde el punto crucial para evitar un daño permanente al medio ambiente radica en el manejo apropiado de los procesos de la gestión y el control de los vectores principales de contaminación que son los lixiviados y las emisiones a la atmósfera (Bernache, G., 2012).

En consideración a estudios, del 100% de los residuos, poco más del 70% podría ser revalorizado para aprovecharlos de diferente manera y evitar el sitio de disposición final (Araiza, J., *et al.*, 2017). Y al menos el 50% de los residuos que pertenecen a la fracción orgánica (Alvarado, H., *et al.*, 2009), podrían ser tratados con el método más recomendable en México: el composteo (Esquer, R., 2009), valorando lo que menciona la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2003) “...*minimizar la generación y maximizar la valorización*” (artículo 5, fracción XXI).

De acuerdo a datos del 2012, en México, 8 679 610 ton de residuos se vertían en sitios no controlados (SEMARNAT,2017). En el contexto estatal, existen 54 tiraderos a cielo abierto (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2018). De acuerdo a esta información, en el municipio de Coapilla el manejo de residuos sólidos se sigue haciendo con métodos no adecuados, utilizando un vertedero a cielo abierto como sitio de disposición final, el cual no cuenta con las medidas necesarias para evitar la contaminación a suelos, aire y agua.

En suma, el Municipio de Coapilla no cuenta con un instrumento que sea capaz de integrar los esfuerzos para garantizar una dirección en el sentido correcto del manejo adecuado de los RSU, controlar los efectos negativos al medio y proteger la salud pública.

## **Justificación**

A nivel global, son cantidades inmensas de basura que terminan en sitios de disposición final. Se sabe bien que al tener grandes cantidades de residuos sólidos estos afectan a los diferentes sistemas (económico, social y ambiental) de su entorno, siendo la autoridad local la que tiene la responsabilidad de llevar a cabo una gestión y evitar impactos negativos al ambiente, añadiendo una dificultad que al ser un reto muy grande son pocas las autoridades que implementan este tipo de estrategias (Gran y Bernache, 2015).

Con el paso del tiempo todo lo relacionado con los temas de salud y seguridad, fueron las mayores inquietudes ligadas con el manejo de los residuos sólidos, aunque actualmente esto es asociado a tres factores más como son: la preservación de los recursos naturales, los riesgos

ambientales y la necesidad de cambios de comportamiento de la sociedad y de igual manera la responsabilidad de todos los implicados (Augusto, J., *et al.*, 2016).

Tomando en consideración lo dicho por Kelvin, W., (1924-1907) “*Lo que no se define, no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre*”. Donde resalta la importancia en la que, antes de llevar a cabo un cambio a cualquier tipo de organización, se debe conocer el estado de ciertos parámetros clave para planificar, establecer objetivos, controlar resultados y tomar decisiones. En definitiva, para llevar a cabo tal cambio es necesario medir para conocer y procesar la información correctamente.

Por esta razón, se realizan estudios para analizar la problemática de residuos e implementar planes de manejo para localidades. Esto es útil para las instituciones o autoridades encargadas del manejo de los residuos RSU y de manejo especial. La importancia de este proyecto se basa en el impacto ambiental que esto pudiera tener en el futuro cercano, en específico, que el H. Ayuntamiento por ser responsable sea el encargado de ejecutar dichas alternativas y estrategias.

En consideración de lo antes mencionado, el problema real de los residuos sólido se fundamenta en el ámbito social. Aun con las evidencias de riesgos, los programas y alternativas están limitadas por los intereses y conocimiento de quienes se involucran en el proceso de gestión de los residuos (Guzmán y Macías, 2012).

## **Antecedentes de la investigación**

Un primer trabajo corresponde a Niño *et al.*, (2017), con su investigación “Gestión de residuos sólidos en la ciudad de Villavicencio...” en Colombia. En este trabajo se enfocaron principalmente en conjuntos residenciales, cuyo objetivo general era establecer aspectos críticos como punto de partida para mejorar los procesos actuales de la gestión de residuos sólidos en la ciudad.

Un segundo trabajo de López Torres, M. *et al.*, (2004). Elaboraron una propuesta para el tratamiento de residuos urbanos en Cuba, donde presentaron un enfoque para el aprovechamiento integral de los residuos mediante iniciativas que permitan la máxima valorización y faciliten la minimización de los residuos.

Un tercer trabajo es de Oldenhage, F., (2016). En su trabajo realizado en San Juan de Miraflores, Perú, elaboró una propuesta para el plan de manejo donde de acuerdo a las necesidades del distrito, incluyó mejoras a corto y largo plazo donde mencionó la posibilidad de crear un pago por cantidad de basura generada, similar al sistema utilizado en Suiza.

Alfaro *et al.*, (2015) realizaron la propuesta para el manejo integrado de los residuos en el área metropolitana de Caracas, Venezuela, donde en base a investigaciones, análisis y propuestas de políticas públicas se propuso acciones para fortalecer el sistema de manejo.

El trabajo de Couto *et al.*, (2012): “La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Juárez...” Realizaron un diagnóstico al modelo en que se gestaron los residuos sólidos en los últimos cinco años en Ciudad Juárez. De esta manera se concluyó que las autoridades municipales han asimilado la necesidad de construir herramientas de gestión de residuos como parte de la planeación de proyectos para ejecutarlos con mayor eficiencia

Buenrostro Delgado, O., e Israde, I., (2003) en su trabajo en la cuenca de Cuitzeo, México, realizaron su proyecto en 8 comunidades rurales en donde hicieron un diagnóstico a las etapas de la gestión de los residuos, donde concluyeron que el conocimiento sobre generación y composición, en México, es escaso y que la falta de asesoría técnica en la recolección y disposición es la principal carencia en estos sistemas.

Taboada-González, P. *et al.*, (2013). En su trabajo, realizado en una comunidad rural en Ensenada, plasmaron que la ausencia de un plan de manejo efectivo y sustentable influye directamente en el impacto negativo al medio ambiente y resaltaron la opción más viable para minimizar los residuos que es el reciclaje de plástico, cartón y metal.

Romero-Cuero, J., *et al.*, (2016). En su trabajo realizado en el Estado de México, establecieron los lineamientos base para alcanzar una gestión integral de los residuos, donde mencionan la participación activa de la población y el gobierno, y el uso de alternativas para reducir el impacto de los residuos al medio ambiente.

Rodríguez, D., y Montesillo, C., (2017) en su trabajo, elaboraron una propuesta para el manejo de los residuos de la zona conurbada de Toluca, en base a comparaciones a estudios anteriores que han sido exitosos.

Un trabajo en Chiapas de Araiza *et al.*, (2015) denominado “Manejo de residuos sólidos: caso de estudio en Las Margaritas, Chiapas” En esta investigación se evaluó el estado actual del manejo de residuos y se identificaron los principales problemas. Este estudio demostró la importancia de los planes de gestión de residuos, dado que brindan de información a las autoridades municipales al momento de tomar decisiones en torno al diseño de obras, planes y programas.

Este trabajo se relaciona con las investigaciones antes mencionadas, ya que se demuestra la necesidad de diseñar un plan de gestión en una comunidad. Desde diferentes perspectivas, para garantizar un acertado manejo y gestión integral de los residuos en el municipio de Coapilla, Chiapas, con el fin de desarrollar propuestas que brinden un adecuado cumplimiento al acto legislativo vigente y de valorar el cumplimiento a los objetivos que se describen en este documento.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Proponer un plan de manejo de residuos sólidos domiciliarios de la cabecera municipal de Coapilla, en apego a la normatividad vigente.

### **Objetivos específicos**

- Clasificar y caracterizar los RSU y de manejo especial que se generan en los domicilios de la cabecera municipal de Coapilla mediante el método de análisis por muestreo estadístico.
- Realizar el diagnóstico del estado que guardan las etapas de manejo de RSU, incluyendo los instrumentos legales de la gestión.
- Realizar el análisis de los costos asociados al manejo actual de los residuos sólidos.
- Proponer mejoras ante las desviaciones encontradas

## CAPÍTULO II

### Marco Teórico

#### Residuos sólidos urbanos

Los RSU son los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes; los residuos que provienen de cualquier actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos (LGPGIR, 2003).

Existen diferentes definiciones para residuos sólidos. Para Augusto, J, *et al.*, (2016) residuos es todo aquel objeto o sustancia el cual su generador desprenda, no siendo utilizado por la principal actividad, pero que puede ser susceptible de volver a ser utilizado más adelante de forma externa o interna.

Araiza *et al.*, (2017) describe: “La generación de RSU está ligada a las actividades antrópicas que el ser humano desarrolla diariamente y es maximizada por diversos factores como el crecimiento de la población, los cambios en los hábitos de consumo, la migración o las nuevas costumbres. Estos factores ocasionan que el manejo de residuos represente un gran desafío y una problemática actual para la sociedad”

En México, el artículo 115 constitucional, en su fracción III inciso C, se menciona la obligatoriedad de los municipios mexicanos a la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos.

La LGPGIR, en su artículo 10 señala “*Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final...*”, esta misma ley establece una clasificación de los residuos, con el objetivo de guiar al organismo o autoridad a cargo de manejar los sistemas de limpia.

Por tal motivo, se optó por implementar la NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual se refiere a las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño y construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de

residuos. Entre los requisitos indicados por la NOM-083 destaca el mandato a los ayuntamientos de todos los municipios para que sean los encargados de los estudios de generación y caracterización de sus Residuos Sólidos.

Para el estado de Chiapas, se publica en el 2018 la Ley de Residuos para el Estado de Chiapas y sus Municipios, en donde se establece que corresponde a los ayuntamientos los servicios públicos de limpia, recolección, traslado, tratamiento, disposición final y remediación del sitio por residuos de su competencia.

### Residuos de manejo especial

De acuerdo a la LGPGIR, los residuos de manejo especial (RME) se definen como *“aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos”*.

El artículo 7 de la LGPGIR, establece las responsabilidades de la Federación para expedir las Normas Oficiales Mexicanas, en específico la NOM-161-SEMARNAT-2011, que establece los criterios para clasificar a los RME y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo.

### Plan de Manejo

El artículo 4 de la LGPGIR, establece la definición de Plan de Manejo como *“instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos...”*

Los Planes de Manejo se pueden instaurar en diferentes modalidades de acuerdo a los sujetos que intervienen o considerando las asociaciones de los sujetos obligados

- 1) Atendiendo a los sujetos que intervienen en ellos;
  - a) Privados, los instrumentados por los particulares

- b) Mixtos, aquellos en donde se presenta la participación de las autoridades competentes
- 2) Considerando la posibilidad de asociación de sujetos obligados
  - a) Individuales, aquellos en donde un solo sujeto establece un único plan
  - b) Colectivos, aquellos en donde pueda elaborarse o aplicarse por varios sujetos obligados.

Un plan de manejo de los residuos da origen a valorizaciones de los residuos, así como la implementación de infraestructuras que permitan la recuperación de productos, englobando la participación activa del sector privado, la sociedad organizada y autoridades competentes.

La Ley de Residuos para el Estado de Chiapas y sus Municipios (2018), establece que los ayuntamientos formularán por sí solos o con el apoyo de estancias ambientales de jurisdicción estatal, así como con la participación de representantes de la sociedad civil organizada, los programas municipales para la gestión integral de RSU.

En este sentido, se le atribuye que establecerán programas de separación de residuos orgánicos e inorgánicos desde la fuente con fines de generar un aprovechamiento de ellos. En lo referente a tiraderos a cielo abierto, los ayuntamientos crearán programas para la remediación y clausura de estos sitios para restaurarlos y controlar la contaminación de los recursos naturales.

### Gestión Integral de los Residuos Sólidos

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), en su artículo 5, define a la Gestión Integral de Residuos como *“conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región”*.

Augusto, J, *et al.* (2016) definen a la gestión de los residuos como *“una disciplina asociada al control, producción, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento, tratamiento y destino final de los residuos sólidos de acuerdo con los mejores*

*principios de preservación de salud pública, economía, ingeniería, conservación de los recursos, estética y otros principios ambientales. La gestión de residuos comprende una interrelación de los aspectos administrativos, financieros, legales, de planeamiento y de ingeniería, donde las soluciones son interdisciplinarias de las ciencias y tecnologías provenientes de ingeniería, economía, sociología, geografía, planeamiento regional, salud pública, demografía, comunicación y conservación”.*

La importancia de gestionar adecuadamente los residuos radica en la necesidad de reintegrar a los residuos con el fin de valorizarlos. Estas prácticas deben ir acompañadas de concientización social y políticas que fomenten educación y cultura ambiental (Cruz y Ojeda ,2013).

La gestión integral de residuos se desarrollará eficientemente, cuando los actores sociales, políticos y técnicos se combinen (Sánchez, 2007), para dar lugar a estrategias de acuerdo al diagnóstico de la situación de cada municipio (Bernache, 2015).

A continuación, se describen las etapas de la Gestión Integral de Residuos:

- Generación

La generación de RSU ha incrementado como resultado del crecimiento poblacional y el avance tecnológico. Sin embargo, difiere de acuerdo con el nivel geográfico y económico de cada localidad. Las ciudades capitales resaltan con volúmenes altos, apartados significativamente de las tendencias del resto de los estados (SEMARNAT, 2015).

La LGPGIR en su artículo 5 define este concepto como, “*Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo*”

Del mismo modo, la LGPGIR, clasifica a los generadores de residuos en tres categorías, en función de los volúmenes que generen, siendo estos:

- Microgenerador.
- Pequeño generador
- Gran generador

Siendo definidas por la misma LGPGIR en su artículo 5 como:

-Microgenerador se define como *“Establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida”*

-El pequeño generador es aquella *“Persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor a diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida”*

-De la misma manera Gran Generador se define como *“Persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida”*

Es importante mencionar que este estudio se enfoca únicamente a los RSU y RME.

El artículo 26 de la LGPGIR, establece que *“las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias y en coordinación con la Federación, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de conformidad con la LGPGIR, con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos y demás disposiciones aplicables”*

Jiménez (2017) describe que la generación y composición de residuos es diferente entre los países, *“la generación de residuos sólidos en los países en desarrollo es menor en comparación con los países industrializados”* pero es mucho más densa (en peso y en volumen) en los primeros se debe a la mayor proporción de humedad de la fracción orgánica, todo esto ocasiona a que se vuelva absolutamente incompatible para ser colectada con los vehículos compactadores y así mismo con los sistemas encargados de operar en los países con mayor desarrollo, ya que la compactación durante la recolección hace poca diferencia y generalmente provoca la expulsión de líquido en las calles.

Existen normas técnicas mexicanas para llevar a cabo los estudios de generación, utilizando el método de cuarteo para realizar esta investigación. La que se utiliza comúnmente es la NMX-AA-015 de SEMARNAT en materia de Residuos Sólidos que a su vez engloba a la NMX-AA-061 que contiene la guía para realizar el estudio de generación per cápita, donde se

especifican las fórmulas y procedimientos estadísticos para obtener los kg/hab/día de un sitio de estudio.

De acuerdo a lo que dice la Norma: *“este parámetro se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante a partir de la información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población”*

- Barrido

Es otra etapa del manejo de los residuos, que cumple una parte importante, puesto que surge de la necesidad de mantener limpia las calles y en condiciones estéticas, dándole más importancia a aquellas vías en donde exista mayor circulación peatonal y vehicular dentro de la ciudad del municipio, como las avenidas, parques y jardines. Se lleva a cabo para levantar arena, lodos, envolturas de artículos, residuos de comida, botellas de vidrio, etc. Y por lo general se prevé después de la realización de eventos especiales tales como, ferias, festividades, asambleas, desfiles, etc. (SEDESOL, 2001a)

La Guía Para La Elaboración De Programas Municipales Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos Sólidos Urbanos establecida por la SEMARNAT (2006) establece que:

- Esta etapa del manejo de residuos puede efectuarse a través de dos modalidades, puede ser manual o mecánica.
- Para el barrido manual se emplea con mano de obra de personal, mejor conocidos como Barrenderos, utilizando herramientas sencillas como escobas, recogedores, botes, etc. Y se efectúa de manera coordinada con la etapa de recolección, esto para que los residuos permanezcan el menor tiempo posible en las vías.
- En el caso del barrido mecánico, se lleva a cabo con maquinaria, conocidas como barredoras, y pueden ser de diferentes tipos el hecho de que pocas ciudades dispongan de maquinaria para el barrido se debe principalmente a la falta de recursos económicos para adquirir el equipo y para darle el mantenimiento adecuado.

Y de la misma manera se pueden combinar estas 2 modalidades para lograr un mejor barrido en calles.

- Recolección

Saéz y Urdaneta (2014) en su artículo Manejo de residuos sólidos en América Latina y El Caribe describen que la recolección de los residuos sólidos son aquellas actividades en donde interviene la recogida y la transportación de los residuos desde aquellos lugares asignados para su depósito o lugar de almacén temporal por los generadores hasta el sitio en donde se descargarán, este lugar puede ser un relleno sanitario.

La (SEMARNAT, 2015) Señala que *“Desde el punto de vista ambiental y de salud pública, tiene una relevancia fundamental, además de que los residuos que se colectan (al menos una parte de ellos) pueden ser recuperados o dispuestos adecuadamente”*

Comúnmente la capacidad de recolección puede variar entre localidades y zonas metropolitanas: usualmente las zonas con un mayor desarrollo como lo son las metropolitanas cuentan con una mayor infraestructura y de un mayor presupuesto económico para la gestión de los residuos que las localidades de menor desarrollo y con menor presupuesto económico como lo son las rurales, por lo que su capacidad de recolección es también mayor. (SEMARNAT, 2015)

- Transporte

Cerda y André (2018), señalan que las etapas de recogida y transporte de los residuos normalmente son las que resultan con un costo más elevado y donde se necesita una cuidada planificación. Los residuos pueden ser transportados directamente a los puntos donde se les dará un tratamiento o a plantas de transferencia donde se compactan y se cargan en camiones más grandes y adecuados para el transporte hasta su destino definitivo.

Y la LGPGIR en su artículo 64 señala que *“En el caso del transporte y acopio de residuos que correspondan a productos desechados sujetos a planes de manejo, en términos de lo dispuesto por el artículo 31 de esta Ley, se deberán observar medidas para prevenir y responder de*

manera segura y Ambientalmente adecuada a posibles fugas, derrames o liberación al ambiente de sus contenidos que posean propiedades peligrosas”.

Sánchez (2007) da las siguientes recomendaciones en cuanto a transporte de residuos sólidos se refiere:

- ✓ El transporte mejor considerado para movilizar los residuos sólidos a cada uno de sus distintos destinos debe ser un vehículo motorizado con vagones o con cajas de carga.
  - ✓ Los transportes pueden ser con compactación o sin compactación. Generalmente son vehículos con una capacidad de 8 toneladas.
  - ✓ Los transportes pueden estar equipados con cortina y pala para el trabajo pesado, cilindros de alta compactación, también con un recipiente y dren para lixiviados.
  - ✓ Los transportes de carga frontal son sistemas para grandes generadores de residuos, que cuentan con un sistema automático para levantar y descargar los contenedores con residuos para no provocar accidentes.
  - ✓ Los transportes de carga trasera se utilizan para pequeños generadores o para residuos que requieran mayor frecuencia de recolección.
  - ✓ Los transportes de carga Roll off. Son vehículos tipo tráiler para poder efectuar el intercambio de tolvas de capacidad hasta de 30 m<sup>3</sup>. Este sistema es apto para la recolección de altos volúmenes de residuos sólidos difíciles de compactar.
  - ✓ El sistema de transporte debe determinar su plan de rutas y horarios adecuados de la recolección doméstica y comercial, así como los lugares determinados para ello.
- Sistemas de transferencia

Un componente que se ha vuelto en parte importante de los sistemas modernos de gestión de residuos sólidos, son las designadas Estaciones de Transferencia (ET), y esto se debe a que los sitios de disposición final cada vez se encuentran más alejados de los centros urbanos. Las ET están dedicadas exclusivamente al manejo, recuperación de materiales y al traslado de residuos sólidos de un vehículo recolector de menor capacidad a otro con mayor capacidad de carga, el cual los transporta hasta su sitio de disposición final o sitios de aprovechamiento tales como plantas de reciclaje, centros de procesamiento, incineradores, instalaciones de compostaje, entre otras (Valencia *et al.*, 2015)

Los principales vehículos recolectores que usan las estaciones de transferencia son, primordialmente, camiones compactadores, pero también pueden ser camiones abiertos tipo volquete, camiones porta-contenedores, o carrozas de tracción animal (SEDESOL, 2001).

El principal objetivo de las estaciones de transferencia es el de aumentar la eficiencia global del servicio de recolección a través de la correcta gestión en el sistema de transporte y en buscar disminuir del tiempo de mano de obra empleada en la etapa de recolección (Gobierno del Estado de Jalisco, 2014).

- Tratamiento

Esta etapa en la gestión, tiene como objetivo el reducir la cantidad de desechos que posteriormente se disponen a un sitio de disposición final. Los métodos se emplean de acuerdo a factores socioeconómicos, ambientales y de acuerdo a la naturaleza del residuo (Bonilla y Nuñez, 2012)

El objetivo principal es el aprovechamiento con la finalidad de obtener un beneficio antes de que estos pierdan su valor o antes de que sean alterados por un contaminante (López, 2014). Al mismo tiempo que se busca prolongar la vida útil de los sitios de disposición final, puesto que se reduce el volumen dispuesto.

El tratamiento puede ser biológico, físico o químico, la selección de este dependerá de las características mencionadas anteriormente.

- ❖ Tratamiento biológico

Se centra en residuos de la sección orgánica, empleando métodos aerobios o anaerobios.

Aerobio: Se basa en la conversión de la materia orgánica con presencia de oxígeno libre (López, 2014). Uno de los métodos más comunes es el compostaje, el cual bajo ciertas condiciones controladas se obtienen productos finales como abono o sustrato útil en la agricultura (Campos-Rodríguez *et al.*, 2016)

Anaerobio: con el método más conocido, la biodigestión, es el tratamiento que emplea contenedores cerrados para la formación de biogás (metano CH<sub>4</sub> y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>).

#### ❖ Tratamientos químicos

Dentro de este tipo de tratamiento se emplean diferentes técnicas o métodos, que de acuerdo a López (2014) son las siguientes:

- a) Incineración: a través de un proceso exotérmico, involucrando la descomposición de la materia de la fracción orgánica se busca la recuperación de energía.
- b) Pirólisis: proceso endotérmico donde se descompone o volatiliza la materia orgánica donde se busca la recuperación de energía por medio de combustibles y gases con aceite.
- c) Gasificación: procesos similares a los anteriores, donde se busca de igual manera la recuperación de energía.

#### ❖ Tratamientos físicos

De acuerdo a López (2014) este método permite reducir el volumen de residuos, empleando técnicas como:

- a) Separación de componente: aplicando una clasificación de residuos se realiza una separación manual de los RSU
- b) Reducción de volumen: donde los RSU, son prensados a presiones altas para producir bloques, reduciendo el volumen de estos
- c) Reducción en tamaño: consiste en reducir la granulometría de residuos por medio de trituración en molinos para reducir el tamaño original de estos.

#### • Disposición final

En la actualidad, existen diversas tecnologías para la disposición final de RSU, como rellenos sanitarios, donde se emplean maquinarias pesadas para compactar y cubrir los residuos, de acuerdo al tamaño y tipo de celda con el que esté diseñado (Caballero-Saldívar *et al.*, 2011).

a) Relleno sanitario manual

El relleno sanitario manual es la alternativa para aquellas localidades donde la población total sea menor a 40 000 habitantes o en cifras de volumétricas, para aquellas ciudades con generación menor a 20 toneladas diarias de RSU. Permite trabajos manuales, donde se utiliza la mano de obra local en lugar de maquinarias pesadas y costosas (Ministerio del Ambiente, 2009).

b) Relleno sanitario mecanizado

Es el relleno diseñado para localidades urbanas o ciudades que generen más de 40 toneladas por día. Es un proyecto más completo, donde se necesitan diversos estudios de ingeniería complejos para cumplir con los lineamientos técnicos, y donde la operación va más allá de solo maquinaria pesada (Ministerio del Ambiente, 2009).

En México de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003, se categorizan de acuerdo a la capacidad recibida por día expresada en toneladas, así como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Categorías de Rellenos Sanitarios según la Norma

<b>Tipos</b>	<b>Tonelaje recibido (ton/día)</b>
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

## **CAPÍTULO III**

### **Metodología**

#### **Área de estudio**

Coapilla

El Municipio de Coapilla se encuentra en las coordenadas geográficas 17° 08' 00" N y 93° 10' 00" W, con una altitud de 1 560 msnm. El clima del municipio es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, cuenta con una precipitación anual de 1 800 mm (Normal Climatológica CONAGUA, 2010).

Para conocer las condiciones del manejo, vistas desde la perspectiva de los trabajadores y el director de Limpia Municipal, se requirió elaborar entrevistas (ver Anexo 1 y 2) que demuestren las actividades que ellos realizan desde la etapa de recolección hasta el momento de trasladarlas al sitio de disposición final, así como el conocimiento o capacitación adquirida para realizar dichas actividades. De igual forma, la redacción de otra entrevista dirigida al Tesorero Municipal, para conocer el presupuesto dirigido al manejo de los residuos, desde el salario de los trabajadores hasta el recurso para combustible del camión recolector.

Para efectuar el diagnóstico, se consideraron algunos lineamientos establecidos por la Guía para la Formulación de Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2014) publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Gobierno del Estado de Jalisco, para la formulación de un Plan de Manejo y los pasos previos al establecimiento de este.

#### **Generación**

Para esta etapa, se utilizaron las Normas Técnicas de SEMARNAT en materia de Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Normas Técnicas Mexicanas

<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>NMX-AA-15-1985</b>	Método de cuarteo
<b>NMX-AA-19-1985</b>	Peso volumétrico " <i>in situ</i> "
<b>NMX-AA-22-1985</b>	Selección y Cuantificación de Subproductos.
<b>NMX-AA-61-1985</b>	Generación

Para conocer la composición de los RSU y RME se utilizó la NMX-AA-15 que especifica los pasos a seguir para el método de cuarteo, así como todos los materiales de protección personal y equipos que se necesitan a partir de este punto, los cuales se enlistan a continuación:

- Báscula de piso, con capacidad de 200 Kg
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.90 m y calibre mínimo del No. 200, para el manejo de los subproductos (tantas como sean necesarias).
- Palas curvas
- Bieldos
- Overoles
- Guantes de carnaza
- Escobas
- Botas de hule
- Cascos de seguridad
- Mascarillas protectoras
- Papelería y varios (cédula de informe de campo, marcadores, ligas, etc.).

Para conocer el peso volumétrico, se procedió a utilizar la NMX-AA-19, donde a partir de la siguiente formula  $P_v = P/V$  donde:

Pv= Peso volumétrico del residuo solido

P= peso de los residuos solidos

V= volumen del recipiente

De acuerdo a CEPIS (1997) es de suma importancia estimar las siguientes tres características de los residuos sólidos con el propósito de diseñar o mejorar el sistema de limpieza pública del municipio:

- a) producción per cápita
- b) densidad
- c) composición física de los residuos sólidos.

En el cuadro siguiente se muestra los métodos prácticos que se le da a cada una de las características de los RSU

**Tabla 3.** Parámetros en la caracterización de Residuos Sólidos

<b>Parámetro</b>	<b>Aplicación</b>
<b>Producción per cápita</b>	Calcular la generación total de residuos provenientes de las casas-habitación
<b>Densidad</b>	Determinar el tipo, volumen y la frecuencia en que son vaciados los recipientes y contenedores; de la misma manera conocer cuál es la capacidad de los vehículos recolectores
<b>Composición física</b>	Estimar las posibles alternativas que se le pueda dar a los RSU

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1997)

## Generación per-cápita de Residuos sólidos domésticos

Utilizando la NMX-AA-61, se conoció la generación per-cápita de residuos por habitante expresado en kg/hab-día, a partir de un muestreo estadístico aleatorio, el cual tuvo una duración de 8 días, en los que se recogió los residuos sólidos generados por cada casa habitación las cuales se procedió a pesarse.

Por último, para conocer el valor de la generación per-cápita de residuos sólidos; se dividió el peso de los residuos entre el número de habitantes que pertenecen a tal casa habitación, descrita en la siguiente expresión.

$$\text{PPC} = \frac{\text{Cantidad total de residuos sólidos que se recolecta (kg/día)}}{\text{Población atendida por el servicio de recolección (habitantes/día)}}$$

## Composición

Se requirió estimar la cantidad de materia orgánica que se emplea en el reciclaje y el volumen total de RS (para conocer la proporción del contenido de materia orgánica respecto a la materia inorgánica). Esto se estimó de acuerdo a lo siguiente:

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{\text{Peso de la materia orgánica (kg)}}{\text{Peso total de los residuos sólidos (kg)}} \times 100$$

Al final se obtuvo el peso total y el peso por componente durante siete días consecutivos (luego de descartar la muestra del primer día) en los que se distinguieron los componentes que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Clasificación de subproductos de los RSU.

Producto	Días																Promedio
	0		1		2		3		4		5		6		7		
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
Papeles																	
Plástico																	
Metales																	
Vidrio																	
Madera																	
Materia Orgánica																	
Otros materiales																	
Total																	

Fuente: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (1997)

## **Diagnóstico al manejo actual de los residuos**

### Almacenamiento temporal

En esta etapa se identificó el tipo de contenedor que se utilizan para el almacenamiento de los residuos, así como el sitio donde se encuentran ubicados. Mediante una entrevista (ver anexo 1) dirigido a el responsable de limpia del ayuntamiento donde se tomó en cuenta los siguientes criterios:

- Hora y día de recolección
- Frecuencia de recolección
- Forma de entregar los residuos
- Verificar si se realiza la separación de residuos

### Barrido

Con observaciones en campo se determinó el tipo de barrido que se utiliza, así como las rutas que aplican los trabajadores para su actividad. Al mismo tiempo que se contabilizó el número de personal que labora en esta actividad, a través de la entrevista tipo semiestructurada (ver anexo 1), con el responsable de servicio de limpia de ayuntamiento.

### Recolección

Con la metodología del estudio de tiempos y movimientos empleada por Tejada *et al.*, (2017) misma donde establecen las especificaciones para llevar a cabo dicho estudio, se buscó determinar los tiempos de cada operación y se identificaron los movimientos innecesarios que hicieron que el tiempo sea mayor en estos, de igual forma se analizaron los movimientos realizados por parte del personal para llevar a cabo dicha actividad.

En esta etapa se creó un mapa de la ruta de recolección de los residuos apoyándonos de una aplicación móvil. Al mismo tiempo que se hicieron observaciones al método de recolección empleada.

A partir de las observaciones y constatando con la literatura se determinó el método de recolección y posterior a ello, se analizó su viabilidad.

### Transporte

Para este punto del manejo de los residuos, se determinó con observaciones y a través de una entrevista semiestructurada (Díaz-Bravo, *et al.*, 2013) dirigida al director o encargado de la Dirección de Limpia.

Por lo tanto, se contabilizó el número de vehículos destinados al transporte de los RSU hacia el sitio de disposición final, la cantidad de kilómetros recorridos y el número de personal destinado a esta actividad.

### Tratamiento

Se determinó mediante una entrevista semiestructurada (Díaz-Bravo, *et al.*, 2013), dirigida al encargado de Limpia, si existe o no algún programa de tratamiento de residuos, en caso de ser positivo, determinar para que residuo va dirigido el tratamiento y que tipo de tratamiento se está empleando.

### Disposición Final

Se conoció en esta etapa, el tipo de disposición final y estimar la cantidad de residuos dispuestos los días de recolección en la semana. Elaborando una Lista de Chequeo o Verificación tomando como referencia la NOM-083-SEMARNAT-2003. Se realizó el diagnóstico del sitio de disposición final actual, así como las observaciones a los puntos ahí requeridos.

De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 y derivado del estudio de generación, los requerimientos mínimos para el diagnóstico del SDF en función de las toneladas de residuos dispuestos por día, son ilustradas en la lista de chequeo de la siguiente manera:

**Tabla 5.** Lista de Chequeo para el diagnóstico del SDF

<b>Lista de Chequeo para Sitio de Disposición Final</b>	
Cantidad de Residuos Depositados al día	
Tipo de SDF	

**Requisitos mínimos que deben cumplir los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial tipo D (menos de 10 toneladas diarias)**

<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>	<b>CUMPLE/NO CUMPLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Garantizar la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.		
Una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m <sup>3</sup> .		
Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.		
Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.		
Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.		
Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.		

**Obras complementarias requeridas**

<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Caminos de acceso		
Cerca perimetral		
Caseta de vigilancia y control de acceso		
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros)		
Manual de operación		
Control de registro		
Informe de actividades		

### **Análisis de los costos asociados al manejo actual de los residuos sólidos**

En esta sección se estimaron los costos referentes al manejo actual de los residuos sólidos. El cálculo del costo total del servicio de limpieza pública municipal se estimó mediante la suma de los gastos de las distintas etapas, que van desde la generación hasta la última etapa que es la de disposición final. Dentro de esto deben estar detallados todos los costos directos tales como el gasto por el número de viajes que el camión recolector realiza al día, el tiempo de traslado, los kilómetros recorridos, costos por mantenimiento, gasto de combustible y el sueldo del personal. Así también, los costos indirectos como los gastos que se hacen durante la administración del manejo de los residuos, entre otros (CEPIS, 1997).

De acuerdo a CEPIS (1997) los costos son normalmente expresados en unidades de moneda por tonelada de residuo. A esta forma de expresar los costos se le denomina costo unitario y es funcional para comparar un sistema con otro.

Cabe mencionar que toda la información financiera del manejo de los residuos, se verá reflejada como resultado de la entrevista semiestructurada hecha hacia la tesorería municipal del municipio de Coapilla y datos estimados recabados.

El costo unitario de un mes o a un año se calcula así:

$$\text{Costo unitario mensual} = \frac{\text{Costo total mensual}}{\text{Volumen de residuo manejado en un mes}}$$

### **Análisis de los residuos a considerar en el Plan de Manejo**

Con base en los estudios de caracterización y generación, se elaboraron gráficas de pastel porcentuales que nos permitió identificar los residuos con potencial de minimización, valorización y aprovechamiento. En el mismo sentido, para conocer las alternativas posibles para cada componente de los residuos.

### **Propuesta y Formulación del Plan de Manejo de RSU**

Se deben de asignar responsabilidades compartidas al momento del manejo administrativo del Plan de Manejo para una correcta aplicación de este.

Al mismo tiempo que se diseñen y establezcan metas para cada etapa y las técnicas a aplicar para cada residuo.

### Formulación de la propuesta del Plan de Manejo de RSU

Para la formulación del plan se considera, como base, lo que se indica en la legislación estatal, específicamente en lo mencionado en el artículo 7 del Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Chiapas y sus Municipios (2019).

En el artículo se describen los elementos establecidos para la formulación de un Plan de Manejo, considerando de igual manera a la NOM-161-SEMARNAT-2011. Los elementos son los siguientes:

- 1) Elementos Generales:
  - a) Información general
  - b) Nombre, denominación o razón social del solicitante
  - c) Nombre del representante legal
  - d) Domicilio para oír y recibir notificaciones
  - e) Modalidad del plan de manejo y su ámbito de aplicación territorial
  - f) Residuos objeto del plan

- 2) Diagnóstico del residuo
  - a) Para los Residuos de Manejo Especial generados en la actividad productiva, el diagnóstico deberá contener únicamente la cantidad de residuos generados expresado en toneladas por día o kilogramos por día
  - b) Para productos de consumo que al desecharse se convierten en Residuos de Manejo Especial el diagnóstico deberá contener la cantidad generada o estimada del residuo e identificación de sus fuentes potenciales de generación
  - c) Principales materiales que componen el residuo
  - d) Manejo actual del residuo
  - e) Problemática ambiental, asociada al manejo actual del residuo
  - f) Identificación del uso o aprovechamiento potencial el residuo en otras actividades productivas
- 3) Formas de manejo integral propuestas para el residuo
- 4) Metas de cobertura del plan, de recuperación o aprovechamiento del residuo durante la aplicación del plan de manejo
- 5) Descripción del destino final del residuo sea nacional o internacional
- 6) Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del plan, así como los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo
- 7) De ser aplicable, especificar los participantes del plan y su actividad.
- 8) De ser aplicable, indicar los mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.

Continuando con los elementos para la formulación, se considera lo que se establece en la Guía Para la Elaboración de Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos (2014), de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del estado de Jalisco, para complementar el contenido de un Plan de Manejo y abarcar puntos que en la legislación estatal no se consideran. Esta guía permite realizar las adecuaciones pertinentes en los contenidos, derivados de los resultados de los diagnósticos propuestos en la misma guía y los objetivos planteados para alcanzar las metas propuestas. Los contenidos que se tomaron en cuenta son los siguientes:

- ❖ Organización y operación actual del Servicio Público de Manejo Integral de RSU/Gestión de RSU
  - Operación actual por procesos
    - Almacenamiento temporal
    - Barrido
    - Recolección (mixta, separada)
    - Tratamiento (separación, composteo, otros)
    - Transferencia y transporte
    - Disposición final
    - Costos de operación
- ❖ Marco jurídico y legal
- ❖ Planeación Estratégica para la Prevención y Gestión Integral de los RSU
  - Estrategia de Manejo Integral
    - Almacenamiento temporal
    - Barrido
    - Recolección (mixta, separada)
    - Tratamiento (separación, composteo, otros)
    - Disposición final
  - Reaprovechamiento de residuos solidos
  - Estrategias de desarrollo social
    - Concientización y educación ambiental
  - Estrategia económica
- ❖ Evaluación de las alternativas
  - Evaluación medio ambiental
- ❖ Monitoreo del Plan
  - Evaluación e indicadores y monitoreo del programa a corto, mediano y largo plazo

Con base a lo descrito anteriormente, se complementa a la guía establecida por la legislación estatal para formular planes de manejo de residuos sólidos. Por lo que los contenidos de la propuesta en el presente trabajo quedan de la siguiente manera:

1. Diagnóstico del residuo
  - 1.1. Principales materiales que componen el residuo.
  - 1.2. Manejo actual del residuo.
    - 1.2.1. Operación actual por procesos:
      - 1.2.1.1. Barrido
      - 1.2.1.2. Recolección
      - 1.2.1.3. Transporte
      - 1.2.1.4. Disposición final
  - 1.3. Problemática ambiental, asociada al manejo actual del residuo
  - 1.4. Identificación del uso o aprovechamiento potencial el residuo en otras actividades productivas.
  - 1.5. Marco Jurídico
2. Formas de manejo integral propuestas para el residuo.
  - 2.1. Estrategia de Manejo Integral
    - 2.1.1. Barrido
    - 2.1.2. Recolección
    - 2.1.3. Almacenamiento temporal
    - 2.1.4. Tratamiento
    - 2.1.5. Disposición final
  - 2.2. Estrategias de desarrollo social
    - 2.2.1. Concientización y educación ambiental
  - 2.3. Estrategia económica
3. Metas de cobertura del plan, de recuperación o aprovechamiento del residuo durante la aplicación del plan de manejo.
4. Descripción del destino final del residuo sea nacional o internacional.
5. Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del plan, así como los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.
  - 5.1. Evaluación e indicadores y monitoreo del programa a corto, mediano y largo plazo.
6. De ser aplicable, especificar los participantes del plan y su actividad.
7. De ser aplicable, indicar los mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.

### **Construcción de Rutas de Recolección**

Dentro de los contenidos de la propuesta del plan de manejo, en el apartado 2.1.2 Recolección, se necesita establecer una serie de estrategias y metas para hacer una propuesta integral, para lograr esto se necesita establecer una ruta de recolección de residuos, la metodología se describe en los párrafos siguientes.

Para el diseño de la ruta, se recurre a lo mencionado por Racero y Pérez (2006), que indican el empleo de técnicas de análisis de redes con la finalidad de simular el desplazamiento de un vehículo en una zona determinada. Lo anterior, con la ayuda de un sistema de información geográfica, se utiliza el método más adecuado para elaborar una propuesta viable en la recolección de residuos sólidos.

El software ArcGIS, cuenta una herramienta llamada Network Analysis (análisis de redes), donde están pre establecidos los criterios y modelos matemáticos para calcular y proponer una ruta de un punto A, a un punto B.

Para efectuar la herramienta, se necesitan pre definir las paradas o vértices por donde tendrá que recorrer el vehículo. Es importante añadir la capa de vialidades (calles con sentido de circulación) para que la herramienta respete dichos sentidos y pueda calcular, a decisión, la ruta más corta o la más rápida, sin tener que traslapar recorridos, fragmentar la ruta o hacer vueltas en U.

### **Construcción del mapa de Sitios Idóneos para un Relleno Sanitario**

Dentro de los contenidos de la propuesta del plan de manejo, en el apartado 2.1.6 Disposición Final, se necesita establecer una serie de estrategias para hacer integral la propuesta. Uno de esos puntos es la construcción de un relleno sanitario, por lo cual se necesita establecer los sitios idóneos tomando como referencia la aptitud natural del suelo mediante las metodologías empleadas para las formulaciones de los programas de ordenamiento territoriales en el país, específicamente en su etapa de Diagnóstico, sugeridas en el Manual del Proceso de Ordenamiento publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en el mismo sentido, considerando lo establecido en la NOM-183-SEMARNAT-2003.

Este tipo de metodología permite la optimización del uso del suelo en función de que las formas de manejo futuras o proyectadas sean compatibles con las cualidades naturales del territorio (Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Cuernavaca, 2009).

Para construir el mapa de aptitud, se emplea el uso de sistemas de información geográfica y la metodología de evaluación multicriterio que emplea una matriz de decisión que expresa las potencialidades de una alternativa con respecto a sus atributos. Una vez construida la matriz de decisión es posible aplicar algún método de evaluación para determinar geográficamente las áreas aptas o factibles para el establecimiento de un sitio de disposición final, en este sentido, se opta por aplicar el método de evaluación Proceso de Análisis Jerárquico, mismos procesos sugeridos por el Manual del Proceso de Ordenamiento (SEMARNAT, 2006) y utilizados por comités de ordenamiento encargados de formular dichos instrumentos en otras entidades del país.

Para el diseño de la propuesta, se utilizan las siguientes capas en formato shapefile en el software ArcGIS, en consideración a las especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003:

- ❖ Pendiente
- ❖ Corrientes de agua
- ❖ Zonas urbanas
- ❖ Localidades

De las capas mencionadas anteriormente, se procede a seleccionar las especificaciones mencionadas en la NOM-083-SEMARNAT-2003 como lo son:

- *En localidades mayores a 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 metros contados a partir del límite de la traza urbana existente.*
- *La distancia de ubicación, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 500 metros.*

Para continuar al diseño del mapa, se necesita definir los rangos en la ponderación de cada capa, esto se efectúa mediante una matriz cuyos valores se encuentran originalmente en un rango del 1 al 9, donde 1 es "igual importancia" y 9 es "extremadamente importante", esto

tiene como resultado un mapa de que presenta una gradiente entre las zonas menos aptas (rango 1) y las zonas que son más aptas (rango 9). En el presente trabajo, para simplificar la toma de decisión se resumen los rangos del 1 al 3, dando como interpretación lo siguiente: rango 1 "igual importancia", rango 2 "importancia media" y rango 3 "extremadamente importante".

Continuando con el diseño, de acuerdo a Pérez (2017) menciona que los rellenos sanitarios funcionan mejor en los rangos de pendiente de 15 a 25, ya que la norma no lo especifica, de igual manera, Benayas (2018) propone en su estudio las distancias considerables para corrientes de agua y zonas urbanas, mismas que son replicadas en este estudio. Dando como resultado los siguientes rangos:

**Tabla 6.** Criterios y rangos para diseño del mapa de sitios idóneos

<b>Criterios</b>	<b>1 nulo</b>	<b>2 medio</b>	<b>3 óptimo</b>
<b>Pendiente</b>	>25%	15-25%	0-15%
<b>Distancia a corrientes de agua</b>	0-500m	500-1500m	>1500m
<b>Distancia a zonas urbanas</b>	0-500m	500-1500m	>1500m

Con la metodología de análisis multicriterio se utiliza la herramienta de Calculadora Raster en el software. Antes de aplicar la herramienta, se tienen que conocer los coeficientes resultantes de la evaluación en la matriz, para que se defina una jerarquía entre capas al momento de ejecutar el algoritmo.

El resultado es una capa donde se especifican, de acuerdo a los rangos, las zonas o sitios aptos para construir un relleno sanitario.

# CAPÍTULO IV

## Resultados

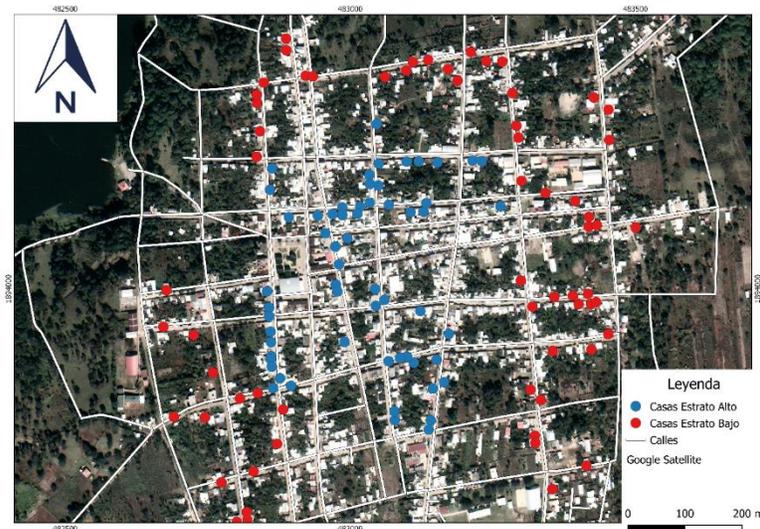
### CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

#### Generación per cápita

A través de una selección aleatoria de entre 1170 viviendas (Taboada *et al*, 2009) y de acuerdo al Inventario de Viviendas en su edición 2016, se llegó a la división en dos estratos, 59 casas para el estrato alto y 63 casas (imagen 1) para el estrato bajo lo que representa un 10% del total de casas en la cabecera municipal. De acuerdo a lo mencionado en el documento publicado por Ministerio del Ambiente (2015), para definir las viviendas en cada estrato, se tomaron en consideración las siguientes especificaciones (Tabla 7).

**Tabla 7.** Especificaciones de los estratos socioeconómicos

Estrato socioeconómico	
Alto	Bajo
Urbanizaciones de arquitectura sobresaliente	Viviendas precarias, de material rústico
Sus habitantes tienen buenos ingresos	Ingreso económico familiar por debajo del sueldo mínimo



**Imagen 1.** Mapa de casas para el muestreo

La generación per cápita se conoce bajo la siguiente fórmula:

$$\text{PPC} = \frac{\text{Cantidad total de residuos sólidos que se recolecta (kg/día)}}{\text{Población atendida por el servicio de recolección (habitantes/día)}}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados correspondientes a cada día de caracterización:

**Tabla 8.** Resultados de la generación de RSU

Día	Estrato Alto (kg)	Estrato Bajo (kg)
1	0.197	0.209
2	0.226	0.285
3	0.199	0.186
4	0.220	0.172
5	0.228	0.275
6	0.230	0.229
7	0.224	0.267
Promedio	0.217	0.231

Para conocer la generación per cápita total de cada estrato se procedió a usar la siguiente fórmula

$$\text{GPC por estrato} = \frac{\text{Total de la generación per cápita de los 7 días}}{\text{Días de estudio (7)}}$$

Así mismo, se procedió a realizar la estimación de la generación total domiciliaria, tomando en consideración a las 1170 casas presentes en la cabecera municipal y considerando a un promedio de 3.6 habitantes por vivienda, de lo anterior, se obtiene un resultado de 943.488 kilogramos de RSU domiciliarios generados al día.

Y de acuerdo a lo publicado por Buenrostro *et al.*, (2003), en lo correspondiente a los residuos no domiciliarios, reportan que, en promedio, se generan 325.298 kilogramos de residuos. Por lo tanto, se estima que la generación total asciende a 1268.77 kilogramos de RSU diarios.

Derivado de lo anterior, se estima que la generación total per cápita asciende a 0.301 kg/hab/día.

### Composición

Se procedió a estimar la composición de cada subproducto, donde se conoció el porcentaje de cada uno.

En la siguiente tabla (tabla 10) se muestran los resultados del peso total de cada uno de los subproductos previamente caracterizados (imágenes 2, 3, 4 y 5) y su porcentaje como resultados de la siguiente fórmula:

$$\% = \frac{\text{Peso del subproducto}}{\text{Peso total de los residuos sólidos (kg)}} \times 100$$



**Imagen 2.** Vaciado de bolsas



**Imagen 3.** Homogenización de residuos



**Imagen 4.** Cuarteo de residuos



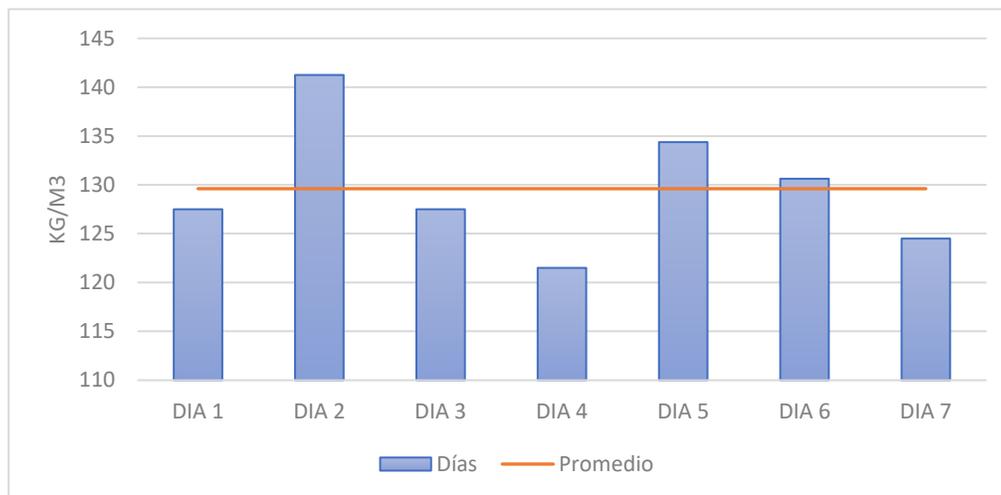
**Imagen 5.** Caracterización de residuos

**Tabla 10.** Generación de RSU dividido en subproductos

<b>Subproducto</b>	<b>Porcentajes</b>	<b>kilogramos</b>
<b>Cartón</b>	4.523	57.386
<b>Lata</b>	3.165	40.156
<b>Material ferroso</b>	4.156	52.73
<b>Material no ferroso</b>	2.065	26.2
<b>Papel</b>	3.314	42.047
<b>Pañal desechable</b>	5.202	66.001
<b>Plástico de película</b>	4.075	51.702
<b>Plástico rígido</b>	8.883	112.705
<b>Poliuretano</b>	3.396	43.087
<b>Poliestireno expandido</b>	4.564	57.907
<b>Residuos alimenticios</b>	25.224	320.036
<b>Residuos de jardinería</b>	21.801	276.606
<b>Trapo</b>	3.301	41.882
<b>Vidrio transparente</b>	1.358	17.23
<b>Otros</b>	4.971	63.07

## Peso volumétrico

En la siguiente gráfica se observa el peso volumétrico para los diferentes días, así como el promedio estimado en  $129.08 \text{ kg/m}^3$ .



**Gráfico 1.** Peso volumétrico por días

## ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL MANEJO

Entrevistas realizadas a la Dirección de Limpia

- 1. ¿Con cuánto personal cuenta el servicio de limpia pública, cómo se encuentran distribuidos?**

9, de los cuales 1 es chofer, 1 hace las funciones de coordinador y los demás trabajan directo con los residuos.

- 2. ¿La dirección que preside cuenta con algún programa el cual le permita aprovechar los residuos sólidos?**

No

- 3. ¿Cuenta con algún programa de Manejo?**

No

- 4. ¿Con qué tipo de transporte manejan los residuos, cuántos y qué capacidad?**

1 camión tipo volteo de 7 metros cúbicos de marca Mercedes Benz año 1994

- 5. ¿Cuál es el tipo de recolección que se emplea?**

Por esquina (parada fija)

- 6. ¿Cuentan con una ruta establecida al momento de recolectar los residuos?**

Si

- 7. ¿Dónde son llevados los residuos sólidos que se generan en la cabecera municipal?**

Tiradero a cielo abierto, km 4.5 carretera Coapilla- Copainala

- 8. ¿Qué tipo de disposición final les dan a los residuos?**

Tiradero a cielo abierto

- 9. ¿Se encuentran contenedores ubicados dentro de la cabecera municipal?  
¿Cuántos? ¿Capacidad?**

Aproximadamente 20

- 10. ¿El personal a su cargo cuenta con herramientas que les permita clasificar los residuos sólidos al momento de recolectarlos?**

No

- 11. En los días de recolección, ¿cuántos viajes se realizan al sitio de disposición final?**

Dependiendo del día: lunes 4 viajes y jueves 3 viajes. Ha llegado hasta 5 por día

- 12. ¿Cuántas veces por semana se recolectan los residuos?**

2 veces

**13. ¿Aproximadamente que volumen de residuos se recolecta?**

28 metros cúbicos, considerando la capacidad máxima del camión volteo

**14. ¿Realizan la actividad de barrido?**

Si

**15. Conocen y aplican alguna norma para el manejo de los residuos**

Sí \_\_\_ No x ¿cuál? (Si respondió que sí)

**16. ¿Qué prácticas utilizan para el manejo de los residuos? (reciclaje, elaboración de abono, capacitaciones de educación ambiental)**

Ninguna

• Entrevistas para el personal

**1. ¿Cuenta con elementos de protección para realizar sus actividades? ¿Con cuáles?**

Si, botas de hule y guantes de carnaza

**2. ¿Usted clasifica los residuos al momento de recolectarlos?**

No

**3. ¿Realizan barrido? ¿Con qué herramientas los realizan?**

Si, con escoba y recogedor

**4. ¿En qué horario realiza la recolección de los residuos?**

6am a 12pm

**5. ¿Con qué controlan los malos olores en los contenedores?**

No se controlan

**6. Usted como trabajador ¿ha recibido algún tipo de capacitación para el manejo adecuado de los residuos sólidos?**

Si \_\_\_ No x En qué temas los han capacitado (si respondió que sí)

**7. A su consideración, ¿Qué tipo de residuos se generan más?**

50% orgánico y 50% inorgánico

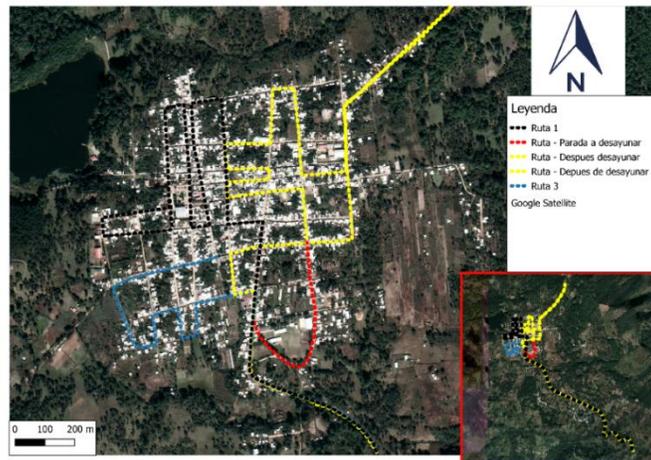
**8. ¿En qué recolecta los residuos sólidos?**

En bolsas, costales y directo en el volteo

## RECOLECCIÓN

### Estudio de tiempos y movimientos

Derivado del estudio de tiempos y movimientos, utilizando la aplicación móvil “Mi Ruta” se obtienen los kilómetros recorridos por día, el tiempo y la velocidad de recolección. Siendo que los residuos se recolectan los lunes y jueves en un horario de 6am a 12pm, se emplea un camión tipo volteo de 7m<sup>3</sup> empleando de 3 a 4 recorridos por día, cuyas rutas empleadas se ilustran en la imagen 6. En un día normal de recolección, se recorren aproximadamente 33.03 km, a una velocidad promedio de 5.08 km/h, sumando un tiempo total de 5 horas y 35 minutos aproximadamente.



**Imagen 6.** Rutas de recolección actual

## DISPOSICIÓN FINAL

En la cabecera municipal se emplea un Sitio de disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, de los denominados como “tiradero a cielo abierto” con procesos de incineración de residuos, el cual se ilustra en las imágenes 7 y 8. A simple vista y sustentando la información con la entrevista realizada, se demuestra un nulo conocimiento acerca de los tipos de disposición final existentes y el equipamiento de protección personal básico.

**TIRADERO A CIELO ABIERTO DE COAPILLA, CHIAPAS**



**Imagen 7 y 8.** Tiradero a cielo abierto de Coapilla, Chiapas.

El sitio de disposición final es el tercero que se utiliza en menos de cinco años, ocasionando daños ambientales ya que se dispone a suelo desnudo los residuos sólidos que liberan lixiviados al suelo y gases contaminantes a la atmósfera como se muestra en las imágenes 9 y 10.



**Imagen 9.** Tiradero a cielo abierto de Coapilla, Chiapas



**Imagen 10.** Tiradero a cielo abierto de Coapilla, Chiapas

El sitio se encuentra a 3.75 km de distancia en dirección sur de la mancha rural, con una extensión aproximada de 1700 m<sup>2</sup>. El sitio de disposición final antecesor se encuentra justo al lado y en cuanto a dimensiones, se estima en 815 m<sup>2</sup>.

## **Análisis de los costos asociados al manejo actual de los residuos sólidos**

En el total de costos asociados al manejo de los residuos sólidos en el municipio, se contempla lo referente a mantenimiento (cambio de aceite de motor, cambio de filtros, chequeo general de frenos y lubricantes), combustibles y los sueldos del personal.

La información presentada para el concepto de mantenimiento se estima en \$150.00 pesos mexicanos por día, por lo tanto, se procedió a realizar los cálculos necesarios para estimar lo correspondiente a un mes.

Así mismo, el precio por litro de combustible diésel se reporta en \$22.1/L, de acuerdo a precios en el municipio, el rendimiento se estima en 2.5 km/L para un camión Mercedes Benz tipo volteo del año 1994 modelo L-1217.

El dato correspondiente a sueldos se tomó del estado de cuenta de la Tesorería Municipal, correspondiente al ejercicio fiscal 2015, de la administración municipal 2012-2015.

Por lo tanto, la siguiente tabla presenta información financiera que incluye la frecuencia con la que se realiza el gasto. Para un mes, se gasta un aproximado de \$33,820.00 pesos mexicanos, el cual contempla costos por mantenimiento, combustible y sueldos del personal.

**Tabla 11.** Estimación de gasto económico global

<b>Concepto</b>	<b>Precio</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Mantenimiento (cambio de aceite, cambio de filtros, chequeo general)</b>	\$ 4,500.00	1 mes
<b>Combustible</b>	\$ 2,320.00	1 mes
<b>Sueldos</b>	\$ 27,000.00	1 mes
<b>Total</b>	\$ 33,820.00	1 mes

De acuerdo a la metodología planteada y con la fórmula para calcular el costo por manejo de tonelada de residuos al mes, por concepto global del manejo de residuos sólidos en la cabecera municipal:

Costo total mensual

Costo unitario mensual = ----- = \$33,820 / 38.06 toneladas al mes

Volumen de residuo manejado en un mes

Derivado de lo anterior, se estima que se realiza un gasto de \$33 820.00 pesos por el manejo de 38.06 toneladas al mes. Esto representa un costo mensual de \$888.59 pesos por tonelada de residuos sólidos.

# PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO MUNICIPAL DE RSU EN LA CABECERA MUNICIPAL DE COAPILLA, CHIAPAS

## Diagnóstico del residuo

En el municipio de Coapilla, Chiapas, se estima la generación per cápita en 0.301 kilogramos por habitante por día, en lo correspondiente a los RSU domiciliarios objeto de este estudio, por lo que, la estimación de generación total da como resultado 1268.778 kilogramos diarios de RSU. Del total de residuos, aproximadamente el 54.86% se clasifica como orgánicos, que son aquellos de origen natural y que tienen la propiedad de poder degradarse rápidamente, por otra parte, los residuos inorgánicos se producen en menor cantidad (45.13% aproximadamente), son aquellos de origen no biológico y que provienen de un proceso no natural.

En la cabecera municipal se llevan a cabo 4 etapas de manejo de residuos sólidos, los cuales son generación, barrido, recolección y disposición final. Derivado de lo anterior, en dicho manejo actual se consideran prácticas no recomendadas y que pueden ocasionar potenciales impactos negativos al ambiente.

### 1.1. Principales materiales que componen el residuo.

Derivado de la caracterización y del estudio de generación, los subproductos que componen al residuo en general son:

**Tabla 12.** Subproductos de los residuos generados

Subproductos	
<b>Cartón</b>	Lata
<b>Material ferroso</b>	Material no ferroso
<b>Papel</b>	Pañal desechable
<b>Plástico de película</b>	Plástico rígido
<b>Poliuretano</b>	Poliestireno expandido
<b>Residuos alimenticios</b>	Residuos de jardinería
<b>Trapo</b>	Vidrio transparente

## **1.2. Manejo actual del residuo.**

La finalidad del presente apartado es describir cada etapa del manejo actual de los residuos en la cabecera municipal de Coapilla. Dicho sistema actual de manejo contempla las etapas de Barrido, Recolección, Transporte y Disposición Final.

### **1.2.1. Operación actual por procesos:**

#### **1.2.1.1. Barrido**

La operación de barrido se efectúa principalmente en las zonas aledañas al Parque Central del municipio, y sobre las calles principales.

En la zona del Parque Central, la actividad de barrido se centra en recolectar los residuos de hojarasca, sedimentos arrastrados por el aire y aquellos residuos que no alcanzaron a llegar a los contenedores.

Sobre las calles principales, se barren aquellos residuos que por malas costumbres no son depositados en contenedores y terminan en las calles.

Esta actividad resume un aproximado de 2.01 km., aproximadamente, la cual es realizada manualmente con escobas y recogedores, los mismos días de recolección de residuos, con excepción de aquellas ocasiones de podas y mantenimiento al arbolado presente en el parque central. Así mismo, del total de trabajadores (9), 7 de ellos son los involucrados en esta etapa.

#### **1.2.1.2. Recolección**

La recolección de residuos se lleva a cabo con la participación de todos los trabajadores (9 personas) de la Dirección de Limpia y utilizando un camión tipo volteo marca Mercedes Benz modelo L-1217 del año 1994, tipo volteo con una capacidad de 7 metros cúbicos. Las funciones del personal se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 13.** Relación de personal y funciones específicas

<b>Número de personas</b>	<b>Actividad o Función</b>
<b>6</b>	Recolectores
<b>2</b>	Recepción de residuos
<b>1</b>	Chofer

De lo anterior, 6 de ellos se encargan de la recolección de residuos, 2 más de ellos se colocan sobre el camión para recepcionar las bolsas y acomodarlas en el volteo y uno de ellos hace la función de chofer.

La técnica utilizada es una mezcla de esquina/parada fija y acera/mano a mano. Dicha actividad es realizada los días lunes y jueves en un horario de 6:00 a.m. a 12:00 p.m. aproximadamente.

Actualmente se tiene una ruta establecida, no plasmada en ningún documento, por lo cual existen leves variaciones en la ejecución de la etapa. De acuerdo al estudio realizado en el presente trabajo, se identifican las problemáticas de la actual ruta como las vueltas innecesarias y los tiempos sobre extendidos.

La información de gasto de combustible y mantenimiento no fueron otorgados para la realización del presente trabajo, por lo tanto, se procedió a realizar la estimación con base en información disponible en línea (internet).

De acuerdo a la Tabla de Rendimientos publicada por Caminos y Puentes Federales (2004), el consumo medio de combustible Diesel para un camión de marca Mercedes Benz año 1994 tipo volteo con capacidad de 7 metros cúbicos es de 2.5 km/L aproximadamente. Por lo tanto, se estima que, para un recorrido en un día de recolección, considerando 33 kilómetros en promedio de recorrido, y con un precio del combustible Diesel de \$22.00

aproximadamente (el precio registra variaciones mes con mes), dando como resultado un consumo de 13.20 litros aproximadamente, lo que se traduce a \$290 pesos aproximadamente para un solo día.

En lo referente a los sueldos del personal, y con información obtenida físicamente a través de la Tesorería Municipal, correspondiente al Estado de Cuenta por Partida Presupuestal de la administración municipal de Coapilla correspondientes al ejercicio fiscal 2015, en dicho documento se reporta que se destinaba la cantidad de \$26,274.00 para el pago de sueldos del personal al mes.

#### **1.2.1.3. Transporte**

La etapa de Transporte está directamente relacionada con la Recolección, ya que los residuos recolectados son directamente trasladados al tiradero a cielo abierto. Una vez que el camión recolector se llena, este viaja hasta el sitio de disposición final para depositarlos y vuelve a la cabecera municipal para continuar con su ruta de recolección.

El transporte es un camión marca Mercedes Benz, modelo L-1217, año 1994, tipo volteo con capacidad de 7 metros cúbicos, el cual es el único para realizar la actividad.

#### **1.2.1.4. Disposición final**

La Disposición Final de los residuos sólidos en el municipio se realiza en un tiradero a cielo abierto, dicho lugar se encuentra localizado aproximadamente a 3 kilómetros de distancia de la cabecera municipal, sobre la carretera Coapilla-Copainalá.

Este sitio es la tercera apertura en menos de 5 años, ya que, por cuestiones de contaminación, diversos problemas sociales, la falta de un relleno

sanitario y un sitio fijo determinado, el ayuntamiento ha tenido que reubicar el sitio de disposición final en diversas ocasiones.

El sitio es un predio tipo barranca (imagen 11), donde los residuos son depositados en la parte superior para que, con gravedad, tal y como se ilustra en la imagen siguiente, y una pequeña ayuda de los propios trabajadores sean arrastrados cuesta abajo para que posteriormente sean incinerados.



**Imagen 11.** Tiradero a cielo abierto de Coapilla, Chiapas

Los datos analizados se tomaron de la siguiente Lista de Chequeo:

**Tabla 15.** Lista de verificación para SDF

<b>Lista de Verificación para Sitio de Disposición Final</b>	
Cantidad de Residuos Depositados al día	1268.778 kilogramos
Tipo de SDF	Tiradero a cielo abierto

**Requisitos mínimos que deben cumplir los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial tipo D (menos de 10 toneladas diarias)**

<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>	<b>CUMPLE/NO CUMPLE</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Garantizar la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.	<b>NO CUMPLE</b>	El sitio no cuenta con un sistema de impermeabilización.
Una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m <sup>3</sup>	<b>NO CUMPLE</b>	En el sitio no se realiza la compactación de basura.
Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.	<b>NO CUMPLE</b>	No se realiza tal acción.

Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.	<b>NO CUMPLE</b>	En el sitio de disposición final se dispone cualquier tipo de residuo.
Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.	<b>NO CUMPLE</b>	Al no contar con cercas perimetrales permite el acceso de cualquier fauna de la zona.
Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.	<b>NO CUMPLE</b>	El sitio cuenta con unos cuantos tramos cercados con alambre de púas.

### Obras complementarias requeridas

<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Caminos de acceso	√	
Cerca perimetral		<b>X</b>
Caseta de vigilancia y control de acceso		<b>X</b>
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros)		<b>X</b>
Manual de operación		<b>X</b>
Control de registro		<b>X</b>
Informe de actividades		<b>X</b>

### 1.2.2. Costos de operación

Los costos de operación se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 16.** Costos de operación detallados por concepto.

Concepto	Precio	Frecuencia
Mantenimiento (cambio de aceite, cambio de filtros, chequeo general)	\$ 4,500.00	1 mes
Combustible	\$ 2,320.00	1 mes
Sueldos	\$ 27,000.00	1 mes
<b>Total</b>	<b>\$ 33,820.00</b>	<b>1 mes</b>

Se estima que el gasto global al mes por 38.06 toneladas de residuos sólidos es de \$33 820.00 pesos mexicanos, lo que equivale a \$888.59 pesos mexicanos por tonelada. Este precio considera los gastos por mantenimiento del vehículo recolector, combustible y sueldos del personal.

Esto demuestra un precio ligeramente mayor en comparación a otros municipios en el país que reportan alrededor de \$700 pesos por el manejo de una tonelada de residuos.

### 1.3. Problemática ambiental, asociada al manejo actual del residuo

La problemática ambiental más significativa está asociada a la última etapa de la actual gestión de los residuos en el municipio, la disposición final. Uno de los detalles clave es que la administración municipal no tiene los conocimientos adecuados ni las capacidades técnicas para realizar el correcto manejo de los residuos sólidos.

La cadena de problemas ambientales comienza con la generación, al no hacer una separación en la fuente de producción de residuos, y continua con la etapa de recolección, que, aunque se hiciera la separación en fuente, el servicio de recolección los junta y no permite recuperar aquellos subproductos potenciales de reciclaje.

Estos residuos sólidos tampoco reciben un tratamiento antes de ser dispuestos en el sitio de disposición final. Y ya como última parte de la cadena, se encuentra el sitio de disposición final, el punto clave de mayor generación de impactos ambientales negativos al ser un tiradero a cielo abierto sin control alguno, simplemente la actividad en esta etapa se resume en disponerlos en el tiradero e incinerarlos para reducir el volumen de estos, sin intentar confinarlos.

#### **1.4. Identificación del uso o aprovechamiento potencial del residuo en otras actividades productivas.**

La fracción orgánica de los residuos sólidos generados en el municipio (696.075 kg aproximadamente) pueden recibir un tratamiento que evitaría confinarlos en un sitio de disposición final. Dichos residuos pueden ser la materia prima para la elaboración de composta y abono orgánico para uso de la población, ya que, de acuerdo a Flores (2011) se tiene comprobado que el producto resultante de la composta sirve como mejorador de suelos.

Derivado de lo anterior, con estas prácticas y trabajando en sinergia con los viveros productivos instalados por el programa “Sembrando Vida” del gobierno federal, se incluiría al residuo en la cadena productiva.

Por otra parte, aquellos residuos pertenecientes a la fracción inorgánica como el vidrio el cual se generan 17.23 kg al día aproximadamente; materiales derivados del metal como lata o materiales ferrosos de los cuales se estima la generación diaria de 92.886 kg aproximadamente; plástico rígido con 112.705 kg al día aproximadamente pueden ser recuperados y revalorizados para recibir una remuneración económica por la venta de estos, mismos que representan el 16.205% de lo que se puede generar en un día.

Lo anterior representaría que al menos el 72.426% de lo generado pudiera no llegar al SDF, prolongando la vida útil del mismo. En el mismo sentido, se evitaría que gran parte del total de los residuos terminen confinados en un SDF.

## 1.5. Marco Jurídico

En lo referente a la normatividad aplicable existente y vigente para el manejo de los residuos sólidos en el territorio nacional y estatal se puede resumir en los siguientes puntos:

- Federal

La Ley General de Protección al Ambiente en su artículo 8 establece que corresponde a los Municipios la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos que no estén considerados como peligrosos.

En el mismo sentido en el artículo 134 fracción III se establece que para la prevención y control de la contaminación del suelo es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales mediante la incorporación de técnicas y procedimiento para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final.

La Ley General para la Gestión Integral de los Residuos establece en su artículo 10 que los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de RSU que consiste en la recolección, traslado, tratamiento y disposición final.

De la misma manera, en el artículo 26 se establece que los municipios deberán elaborar e instrumentar los Programas Locales para la Prevención y Gestión Integral de los RSU y de Manejo Especial, así como los elementos básicos que deberán contener. Y el artículo 35 establece la participación de todos los sectores de la sociedad en la prevención de la generación, valorización y gestión integral de residuos en sinergia con las autoridades de los tres niveles de gobierno, para lo cual se establecen las bases y mecanismos para lograrlo.

- Estatal

La Ley Ambiental para el Estado de Chiapas establece en su artículo 10 que es facultad de los Ayuntamientos la aplicación de las disposiciones legales relativas a la

prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento, y disposición final de los RSU y de manejo especial.

Así mismo, en el artículo 66 establece que el gobierno del estado y los municipios promoverán la instrumentación de programas que promuevan disminuir la generación de contaminantes, el consumo responsable y el fomento a la separación de RSU desde el lugar que los genera, así como su rehúso y reciclaje.

En el mismo sentido, en el año 2018 fue publicada la Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Chiapas y sus Municipios, que establece en el artículo 7 que los ayuntamientos formularán por si o con el apoyo y participación de representantes de los sectores social y privado, los Programas Municipales para la Gestión Integral de los RSU. En el mismo sentido, se establecen aquellos mecanismos y estrategias para lograr una gestión integral y realizar un correcto manejo de tal residuo.

El artículo 22 establece la participación de los distintos sectores de la sociedad para prevenir la generación, fomentar la valorización y llevar a cabo la gestión integral de los residuos, así como los pasos y estrategias para lograr lo establecido.

Así mismo en el artículo 7 del Reglamento de la Ley de Residuos Sólidos para Chiapas y sus Municipios, se establecen los contenidos que deben ser considerados para formular un plan de manejo, lo anterior tomando como referencia el numeral 9 de la NOM-161-SEMARNAT-2011.

## **2. Formas de manejo integral propuestas para el residuo**

### **2.1. Estrategia de Manejo Integral**

#### **2.1.1. Generación**

##### *Objetivos:*

- Fomentar la participación social en la reducción de la generación de residuos sólidos.
- Impulsar la separación primaria de los RSU.
- Promover la iniciativa de disminuir aquellos plásticos de un solo uso.

##### *Metas:*

- Promover el reciclaje y reuso de los residuos sólidos que no sean biodegradables.
- Se deberá contar con esquemas de difusión para que los generadores conozcan y realicen la separación de residuos conforme a lo establecido por el plan.

Se debe lograr en gran manera la mínima utilización de plásticos de un solo uso como: platos, vasos y utensilios desechables, bolsas y popotes. Con la finalidad de reducir la cantidad de residuos a recolectar y disponer en la cabecera municipal. Así mismo, se debe de propiciar a los dueños de establecimientos de comida a utilizar biodegradables mediante pláticas de concientización donde se demuestre el beneficio que se obtiene en la utilización de estos productos.

Para lograr un óptimo desempeño de la población en reciclaje, se debe capacitar a la ciudadanía en separación de residuos, con la finalidad de desarrollar una conducta ambientalmente responsable. Al segregar los residuos en dos fracciones como: Orgánicos e Inorgánicos, se puede destinar la fracción Inorgánica al servicio de recolección municipal y reducir la contaminación que los residuos, en general, generan.

Así mismo, con la fracción inorgánica, se pueden recuperar objetos para su segregación e inclusión en las cadenas de valor, es decir, los residuos como vidrio o latas de aluminio pueden ser recuperadas con el fin de venderse a empresas dedicadas al reciclaje de estos, y poder generar un ingreso económico extra.

Lo anterior describe el proceso de separación de residuos sólidos urbanos en dos estratos, para que posteriormente se lleve a cabo una recolección selectiva y se pueda proceder con el tratamiento y disposición final adecuados.

### **2.1.2. Barrido**

#### *Barrido y Limpieza de Áreas Públicas*

La limpieza del espacio público es concebida como una de las acciones para mitigar la contaminación visual de un espacio, esto se debe desarrollar y monitorear por medio de acciones que busquen dar cumplimiento con calidad y continuidad a las buenas prácticas de aseo.

En la situación actual, el municipio no cuenta con un programa o herramienta similar de barrido, de esta problemática surge la necesidad de establecer acciones a desarrollar con el fin de garantizar la prestación adecuada de este servicio. Partiendo de lo anterior, se hace necesario que formule y optimice el proceso de este servicio.

*-Objetivos:*

- Disminuir la contaminación visual generada por residuos sólidos en vías públicas.
- Realizar y garantizar barrido manual en vías principales pavimentadas y áreas públicas como el Parque Central.
- Diseñar una micro ruta de barrido para optimizar la limpieza de vías y áreas públicas.

Para garantizar el cumplimiento de las acciones de barrido y limpieza, es de primera necesidad establecer un sistema que monitoreo de forma constante por parte de la autoridad municipal, dicho sistema debe velar por la correcta gestión y control de la contaminación.

#### -Actividades de Barrido y Limpieza

El H. Ayuntamiento mediante la Dirección de Limpia serán los responsables del desarrollo de la actividad, también como operador del monitoreo de ella.

La sociedad en la comunidad de Coapilla serán los responsables de mantener aseadas las vías y áreas públicas, con el compromiso socialmente responsable de no arrojar basura al suelo, así mismo, en cuanto al cuidado de los espacios públicos.

El barrido del Parque Central comprende el total de la explanada (4800 metros cuadrados aproximadamente) y las calles conjuntas, hasta que quede libre de papeles, hojas, arenilla o cualquier otro material susceptible de ser removido por el cepillo manual. El servicio se prestará con una frecuencia de dos veces por semana, lunes y jueves, en los mismos horarios de recolección para que estos residuos puedan ser transportados hacia el sitio de disposición final y optimizar los costos de esta actividad.

#### -Limpieza de Parques y Jardines

Los materiales orgánicos derivados de las podas, derribos y mantenimiento del arbolado serán transportados y acopiados por la Dirección de Limpia. Para tratarlos, se realizará un proceso de trituración y compostaje para ser devuelto a las áreas verdes, nutriendo y mejorando las condiciones del suelo de estos lugares. Por lo anterior, se deberá adquirir la maquinaria y herramientas adecuadas para realizar tal actividad.

Estas actividades se realizarán siguiendo los lineamientos que determine la autoridad competente.

### **2.1.3. Recolección**

#### *Recolección Municipal*

Surge a partir del diagnóstico realizado, donde se evalúa la posibilidad de lograr que los habitantes de la cabecera municipal separen sus residuos en sus hogares con la finalidad de reducir la cantidad de residuos que se disponen al sitio de disposición final. Así también se lleve a cabo una recolección selectiva que permita destinar los

residuos pertenecientes a la fracción orgánica a un tratamiento y los restantes inorgánicos al sitio de disposición final.

*Los objetivos de la recolección son:*

- Generar una educación ambiental a la sociedad, donde se infundan valores y genere conciencia acerca de los beneficios que se puede obtener de estos residuos y la práctica de la separación.
- Lograr la recolección selectiva de los residuos sólidos urbanos.
- Poner en práctica el programa en la cabecera municipal para evaluarlo y expandirlo a todo el municipio.

*Metas:*

- Replicar este programa en las demás localidades aledañas a la cabecera municipal.
- Capacitar constantemente al personal encargado de la recolección.

*Ventajas en la implementación:*

- Reducción de la contaminación en el medio ambiente.
- Hacer accesible el reciclaje de los residuos.
- Beneficios económicos por la recuperación de residuos y la reducción de costos de operación.

*Etapas de desarrollo.*

Para la implementación del plan se deben focalizar los ejes principales:

- 1- Capacitar a la población de la cabecera municipal para que puedan realizar una correcta separación de residuos sólidos en sus domicilios.
- 2- Diseñar e implementar una ruta de recolección, así como la frecuencia.
- 3- Contar con un fortalecimiento constante en las prácticas de separación.

### *Implementar Una Ruta y Plan De Recolección.*

En el siguiente mapa (imagen) se presenta la propuesta de la ruta de recolección, mostrando un punto de inicio y un punto final dentro de la cabecera municipal. La propuesta abarca todas las calles con un total de 93 paradas con una longitud de 7.02 km. El tiempo efectivo de recolección sería de aproximadamente 210 minutos (3 horas y 30 minutos), considerando que la velocidad del camión recolector, entre puntos de recolección, no rebasaría los 3km/h. Los días de recolección serán los lunes y jueves comenzando a las 07:00 en ambos días.

Con base en lo anterior, se disminuyen 9 horas por día de recolección, aproximadamente, en la cabecera municipal, y se cubre en su totalidad las calles. Retomando el último punto, se amplía la recolección al 100% de las casas de la cabecera municipal, en comparación con las anteriores rutas que cubrían un aproximado del 90% de estas.

Cabe mencionar que podría modificarse dependiendo de la ubicación del sitio de disposición final (no tiradero a cielo abierto) y la experiencia de los propios trabajadores.



**Imagen 11.** Mapa de ruta de recolección

En lo correspondiente a la recolección de aquellos residuos pertenecientes a la fracción orgánica que serán destinados a tratamiento por compostaje, deberán ser recolectados de la misma forma que los residuos pertenecientes a la fracción inorgánica, utilizando la misma ruta y horarios de recolección, solo desfasando un día para llevar a cabo dicha actividad y proceder al traslado a la planta de compostaje.

#### **2.1.4. Tratamiento**

##### *Compostaje*

Este programa prevé utilizar la fracción orgánica recolectada selectivamente, de acuerdo a lo establecido por el apartado 2.1.3, y que será separada domiciliariamente, de acuerdo a lo establecido en el apartado 2.1.1, ya que, de acuerdo al estudio de caracterización y generación, se generan aproximadamente 696.075 kilogramos de residuos pertenecientes a esta fracción.

El objetivo de realizar este tipo de tratamiento es reducir el volumen final de residuos dispuestos al sitio de disposición final y obtener un producto que pueda emplearse como mejorador de suelo. Partiendo de este punto, de acuerdo a Huerta *et al.*, (2008) reporta rendimientos de entre el 20% y 24% de producción, así mismo, se esperaría un coeficiente de rendimiento de 0.2 a 0.5 (Atkinson *et al.*, 1996, como se citó en Flores, 2011). Por lo tanto, de acuerdo a la literatura, de un kilogramo de residuos se podría obtener alrededor de 250 gramos de composta.

En relación a lo anterior, y considerando a la generación de residuos correspondiente a la fracción orgánica, se estima una producción de 5220.56 kg (aproximadamente) de composta como rendimiento de los residuos generados mensualmente.

Para lograrlo, se necesita la colaboración de la población en general, desde la separación domiciliaria hasta los encargados de generar dicha composta, y para dar

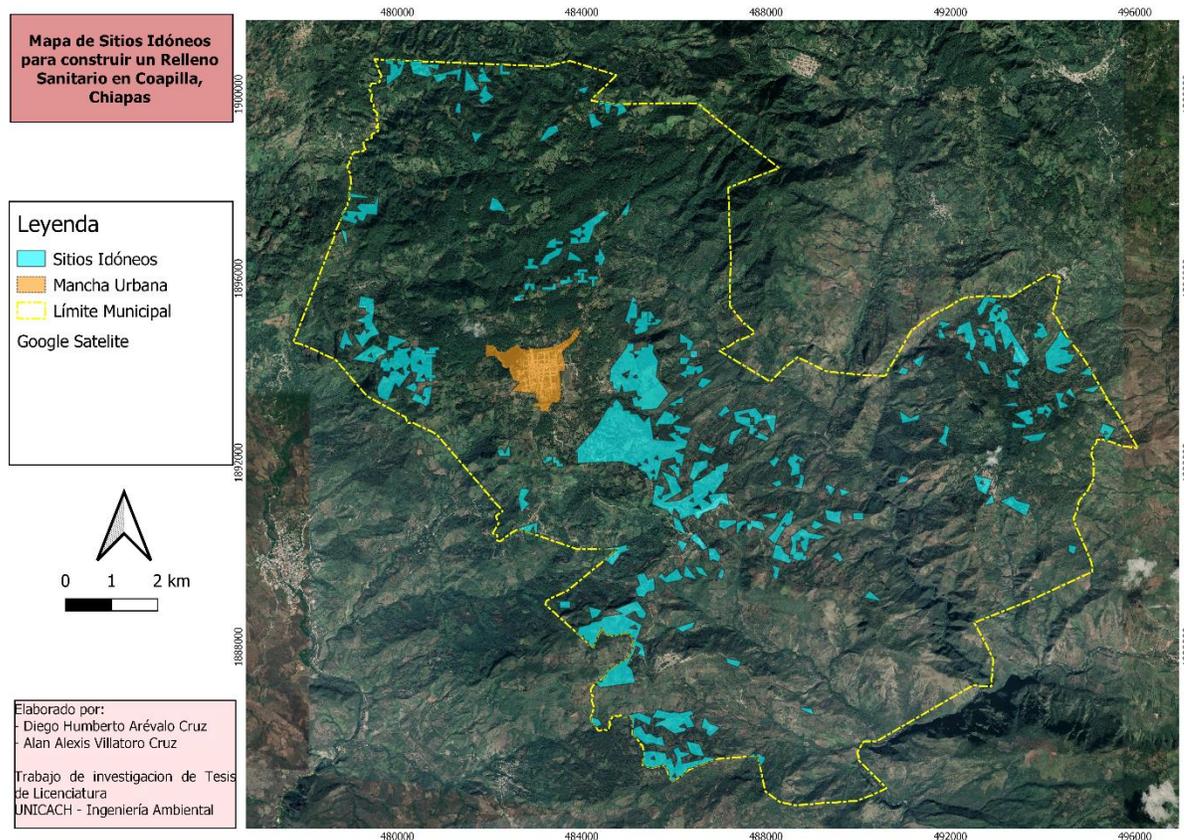
cumplimiento, la fracción orgánica deberá recolectarse selectivamente y entregarse a los beneficiarios del programa federal “Sembrando Vida” que se encuentra en desarrollo en la cabecera municipal. Dicho programa prevé la elaboración de composta para su aprovechamiento, por lo tanto, los grupos organizados se encargarán de darle tratamiento a esta fracción de residuos con el fin de ser utilizados como mejorador de suelo en la reforestación prevista por el programa federal. Su empleo en las plantaciones forestales y frutales mejorará y enriquecerá el estrato del suelo donde sea aplicado.

#### **2.1.5. Disposición final**

En el municipio es necesario la construcción de un sitio de disposición final que cumpla con los requerimientos establecidos por las normatividades y legislaciones aplicables, para darle clausura al sitio actual que es un tiradero a cielo abierto y con esto reducir en gran parte los impactos ambientales negativos que esta actividad genera.

Como resultado de los estudios de caracterización y generación, en el municipio se puede implementar un sitio de disposición final tipo D, de acuerdo a las categorizaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2003, dicha categoría permite disponer hasta 10 toneladas por día.

A continuación, se presenta el mapa de Sitios Idóneos para la construcción de un sitio de disposición final en el municipio (imagen 12).



**Imagen 12.** Mapa de sitios idóneos para establecer un SDF

Los colores azul turquesa son las zonas consideradas aptas para ser elegidas como posibles lugares del sitio de disposición final. Las zonas fuera de ellas, se consideran No Aptas por su pendiente y la cercanía a cuerpos de agua. Se necesitará el proyecto ejecutivo donde se diseñe y calcule las dimensiones del sitio de disposición final, así como los costos que esto conlleve.

Es importante mencionar que este futuro relleno sanitario será para los RSU y de manejo especial únicamente.

## **2.2. Estrategias de desarrollo social**

### **2.2.1. Concientización y educación ambiental**

#### *Capacitación en Residuos Sólidos*

##### 1. Presentación

Educar e informar a la población para que asuma la responsabilidad y compromiso en la gestión de los residuos sólidos desde la fuente de generación, es fundamental si se quiere lograr el éxito de cualquier programa municipal o local (Ministerio de salud pública y bienestar social, 2015)

Es fundamental y urgente el involucramiento de la población en los procesos de gestión integral de residuos, pues se necesita de la participación de diversos sectores para la formulación de políticas y programas para la solución de problemas de salud ambiental en materia de Residuos.

##### 2. Procedencia de los Residuos Sólidos

Los Residuos Sólidos son el resultado de las diversas actividades que son realizadas por los seres humanos durante el día. Dicha cantidad de RS va en aumento por lo que hoy en día presenta un enorme problema para los ciudadanos del mundo.

En el mundo actual, la generación de residuos sólidos ha aumentado significativamente, por lo que se ha convertido en un problema. Una de las características principales del problema es el manejo inadecuado que se le dan a los residuos.

Añadiendo que los principales factores del problema son la indisciplina social y la indiferencia de funcionarios públicos (Niño, A. *et al.*, 2017).

#### Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos

##### i. Residuos Orgánicos

Son conocidos como Residuos Biodegradables (tienen su descomposición de forma natural). Son aquellos que tienen la característica de desintegrarse de forma natural sin necesidad de hacerlo mediante procesos no naturales, se transforman en otro tipo de materia orgánica.

Algunos ejemplos de este tipo de residuos son los restos de comida, cascara de frutas y verduras, carnes, huevos.

ii. Impacto de los Residuos Sólidos Orgánicos en el ambiente

A pesar de ser residuos que se biodegradan naturalmente también tiene un fuerte impacto sobre el ambiente que lo rodea, contaminando el suelo, la atmosfera las aguas superficiales y subterráneas. Esto se debe al alto contenido de materia orgánica la cual se encuentra de manera inestable e inmadura, de elementos minerales, metales pesados, toxinas, patógenos vegetales y animales

iii. Compost o Compostaje

Es una de las estrategias más comunes y eficientes para los residuos sólidos orgánicos. Es un proceso de transformación biológica que se da bajo condiciones aeróbicas. El objetivo del proceso es acelerar la degradación de la materia orgánica a diferencia de la que se obtiene de manera natural. El compostaje produce un material muy valioso que puede utilizarse como fertilizante en actividades agrícolas y también como mejorador de suelos

iv. Factores condicionantes durante el proceso de composta

Este proceso se basa en la actividad microbiana que viven en el entorno, pues son responsables de la descomposición de la materia orgánica. Pero para que estos microorganismos puedan vivir y realizar estas actividades se necesita contar con las correctas condiciones de temperatura, humedad y oxigenación.

### **2.3. Estrategia económica**

El recurso económico se destina por decreto desde el poder ejecutivo y legislativo en el estado, representado por el gobernador constitucional y el congreso del estado de Chiapas. El ejercicio fiscal se propone y se aprueba por decreto en el Periódico Oficial del Estado de Chiapas.

Dentro del gasto público municipal, se deberá contemplar la ejecución del presente Plan de Manejo y demás proyectos y equipamientos que de este puedan resultar, como:

- El saneamiento y clausura del tiradero a cielo abierto;
- La adquisición de un camión recolector de mejor condición, debido al mal estado del camión actual por los años de uso;
- El diseño y construcción de un relleno sanitario categoría D;
- Equipos y herramientas para actividades relacionadas a residuos sólidos.

Lo anterior de conformidad con lo establecido por la Ley de Presupuesto, Contabilidad y Gasto Público Municipal.

### **3. Metas de cobertura del plan, de recuperación o aprovechamiento del residuo durante la aplicación del plan de manejo.**

El municipio contará con un sistema para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por la cabecera municipal, con la finalidad de disminuir los residuos que llegarán hasta el sitio de disposición final y darle cumplimiento a uno de los principios de la LGPGIR: “*maximizar la valorización*”.

Teniendo en cuenta la caracterización de residuos generados, el 54.863% del total (696.075 kg/día) pertenecen a la fracción orgánica, los cuales podrán ser aprovechados en un proceso de compostaje para ser utilizados como mejorador de suelos, ya que de acuerdo a Flores (2011), la aplicación de composta elaborada a partir de residuos orgánicos demuestra mejoría en los contenidos de materia orgánica en suelos agrícolas, así mismo, al adicionar este elemento al suelo se incrementan los contenidos de nitrógeno y aumenta la capacidad de retención de agua.

Los pertenecientes a la fracción inorgánica, que son el porcentaje restante, se hace necesario contar con un sistema de recuperación para disminuir la cantidad de residuos que se disponen al relleno sanitario.

Tomando en consideración los párrafos anteriores, es necesario trazar metas para poder monitorear los avances en la aplicación del plan, dichas metas se dividirán de acuerdo a los estratos aplicables:

- Estrato orgánico
  - o Aprovechamiento de los residuos orgánicos para elaboración de composta, y poder disponerlo como mejorador de suelos.
  - o Beneficios para la comunidad que utilizarán estos residuos tratados como abono en sus proyectos municipales.
- Estrato inorgánico
  - o Evitar que los residuos aprovechables sean dispuestos y contenidos en el relleno sanitario.
  - o Disminuir los costos de operación en la disposición de residuos.

#### **4. Descripción del destino final del residuo.**

El destino final del residuo será en un sitio de disposición final construido dentro de los límites municipales, abarcando los puntos establecidos en el apartado 2.1.7 y siguiendo las especificaciones por la NOM-083-SEMARNAT-2003.

En dicho sitio, se depositarán los residuos en celdas, que serán áreas preparadas para contenerlos, por sus características y normativas se disminuye el riesgo por filtración de lixiviados mediante la impermeabilización del fondo de la estructura de la celda y ductos de canalización.

#### **5. Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del plan, así como los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo.**

5.1. Evaluación, indicadores y monitoreo del programa a corto, mediano y largo plazo.

## Indicadores de Desempeño

Los indicadores de desempeño se diseñan con el objetivo de dar cumplimiento a las metas planteadas y alcanzar los objetivos de cada etapa en el proceso de gestión de residuos. Por la característica principal de estrategia, los indicadores se miden en función de las líneas estratégicas. Conforme a las metas y objetivos planteados a lo largo de la propuesta, se han trazado indicadores:

- Indicadores de separación de residuos
  - i) Capacitación acerca del manejo adecuado e implementación de un plan de manejo.
  - ii) Porcentaje de residuos sólidos orgánicos enviados a tratamiento por compostaje.
  - iii) Porcentaje de capacitaciones dirigidas a fomentar el uso de plásticos biodegradables y evitar los de un solo uso.
  - iv) Porcentaje de difusión en medios de comunicación, redes sociales, medios físicos para realizar la correcta separación de los residuos.
  
- Indicadores de Recolección
  - i. Porcentaje de capacitaciones dirigidas al personal encargado de la recolección, tomando como base de comparación a las impartidas en el año 2020.
  - ii. Porcentaje de campañas de difusión en medios de comunicación, tomando como base de comparación a las publicaciones realizadas en el año 2020.
  
- Indicadores de Aprovechamiento y Valorización
  - i. Porcentaje de residuos susceptibles de ser aprovechados en el proceso de compostaje.
  - ii. Porcentaje y cantidad de los residuos recuperados pertenecientes a la fracción inorgánica susceptibles de una revalorización.
  
- Indicadores de Disposición Final.
  - iii. Construcción del sitio de disposición final.
  - iv. Cumplimiento de los puntos establecidos por la NOM-083-SEMARNAT-2003.

Una vez evaluados los puntos anteriores en determinado tiempo y en función del grado de cumplimiento de cada uno, se deberá analizar y estudiar una posible modificación que deberá seguir los mismos pasos de su formulación.

## **6. Participantes del plan y su actividad.**

Los principales responsables de la gestión de los residuos sólidos en el municipio, por ley, son las autoridades municipales del H. Ayuntamiento. La persona que el H. Ayuntamiento designe como encargado del área de residuos sólidos será el principal actor que velará por la correcta aplicación del Plan de Manejo.

Se deberán establecer representantes de los sectores productivo, académico, religioso y demás sectores que requieran su inclusión, para fomentar la integralidad del Plan de Manejo. Dichos integrantes tendrían la responsabilidad de emitir sus opiniones y/o sugerencias acerca de los procesos de manejo y como potenciarlos en su caso.

## **7. Mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad en general.**

La aplicación de estrategias de difusión está enfocadas a promover el Plan de Manejo entre la sociedad. Con el objetivo de lograr la separación de residuos desde el origen, para que esto permita una mejoría en la limpieza y manejo de los residuos en las colonias, al mismo tiempo que se desarrolla una cultura en la ciudadanía enfocada en el desarrollo sustentable.

Así mismo, informar a la población en general todos los detalles del plan de manejo en ejecución para una sinergia entre autoridades y sociedad.

- Metas:
  - o Organizar con el apoyo de medios de comunicación locales, una campaña de difusión y sensibilización en materia de residuos y de las acciones de separación, para que los ciudadanos estén informados

acerca del servicio de recolección y los tipos de residuos que se dispondrán al servicio de limpia.

- Promover la impartición de capacitaciones y talleres de concientización ambiental dirigidos a familias e instituciones educativas para orientarlos a lograr un manejo integral de residuos sólidos, así como darle la prioridad a los principios de reciclaje.
- Publicitar el Plan en dependencias municipales, educativas y demás instituciones correspondientes con material impreso promocional y educativo.

## **Análisis de resultados**

### Caracterización de residuos

De acuerdo con el Inventario Nacional de Vivienda de INEGI (2016), en la cabecera municipal de Coapilla existen 1170 viviendas y tomando en consideración el promedio de habitantes por vivienda de 3.6, da como resultado 4212 habitantes aproximadamente en la cabecera municipal, y en el municipio un total de 9007, tomando como referencia los cálculos de proyección de población para el 2019 del Consejo Nacional de Población (CONAPO).

Del párrafo anterior, tomando en cuenta el número de viviendas existentes en la cabecera municipal y con la fórmula de Poblaciones Finitas, considerando 90% de confianza y 10% de margen de error, se llegó a la selección de las casas a realizar estudio de caracterización de RS, dando como resultado 59 casas para el estrato alto y 63 casas para el estrato bajo.

La generación per cápita de RSU es de 0.301 kg/hab/día aproximadamente para la cabecera municipal, que, de acuerdo a Victoria *et al.*, (2012) son valores comunes para un municipio pequeño, ya que reporta valores de entre 0.27 y 0.31 kilogramos por habitante por día de RSU. Así mismo, el resultado es semejante a lo publicado por Castillo-González y De Medina-Salas (2014), que reportan 0.318 kg/hab/día para localidades de este tipo.

Cabe señalar que las estimaciones de la generación *per cápita* determinadas en el presente estudio podrían ser superiores, debido a que la generación se calculó con base en lo generado en la cabecera municipal, dejando fuera de este estudio a las demás localidades que comprenden el municipio.

En relación a los datos obtenidos de peso volumétrico correspondiente a 129.08 kg/m<sup>3</sup>, y de acuerdo a SEMARNAT (2020), el PV promedio para municipios con menos de 10 mil habitantes es de 128.06 kg/m<sup>3</sup>, dicha cifra es un valor similar a los obtenidos en el presente trabajo. Así mismo, el resultado obtenido no es distante con lo publicado por Nava-Uribe *et al.*, (2015), que establecen el valor de 138.58 kg/m<sup>3</sup> para una localidad rural de 5000 habitantes.

## Diagnóstico al Proceso actual de Manejo

Derivado de las entrevistas realizadas a la Dirección de Limpia del H. Ayuntamiento (imágenes 13 y 14), y como parte del diagnóstico llevado a cabo al proceso actual de manejo, se confirma el nulo o poco conocimiento acerca de las practicas recomendables o comunes, que son amigables con el ambiente. Lo anterior demuestra que la administración municipal no se encuentra preparada técnicamente para lograr el correcto manejo de los residuos y necesitan tanto dotación de herramientas de trabajo como capacitaciones constantes.

La Dirección de Limpia, realiza la recolección dos días por semana, siendo lunes y jueves de 6:00 a 12:00 los días y el horario establecido. Realizan de tres a cinco recorridos por día para brindar el servicio en toda la cabecera municipal, y parte del tiempo lo invierten en paradas innecesarias o sobre extendidas.

La etapa de barrido, la realizan en los puntos o esquinas depositan los residuos para que se recolecten. Se barren aquellos pequeños residuos que puedan caer de las bolsas o costales, y las hojas que caen de los árboles del parque central.



**Imagen 13 y 14.** Entrevistas realizadas al personal de Limpia

La Dirección cuenta con 9 trabajadores adscritos, incluyendo al director del área, en el servicio de limpieza semanal. 7 de esas personas son aquellas encargadas de recolectar y depositar los residuos. Uno de ellos es el chofer y por último se encuentra el director. Como equipo de protección personal cuentan con botas de hule y guantes de carnaza (algunos de ellos). El

conocimiento y la capacitación acerca del manejo adecuado de los residuos es nula, al igual que el conocimiento acerca de las prácticas de manejo adecuadas.

El sitio de disposición final es un tiradero a cielo abierto ubicado 4.8 km de la cabecera municipal y en una superficie estimada de 1700 m<sup>2</sup>. Este sitio es el tercero en menos de cinco años. La práctica consiste en depositar los residuos sólidos al principio de una barranca y empujarlos para que posteriormente se incineren (imágenes 15 y 16). Dicha práctica ocasiona diversos impactos ambientales negativos, al suelo, atmosfera y agua.



**Imágenes 15 y 16.** Trabajos dentro del SDF.

Por la formación natural del terreno, se intuye que en épocas de lluvia fluye una corriente de agua al fondo del sitio. Lo que ocasiona el arrastre de materiales y la filtración de lixiviados hacia la corriente de agua.

Por lo anterior, es de urgente aplicación la clausura inmediata del tiradero a cielo abierto, y por lo consecuente su correcto saneamiento, atendiendo lo descrito por el Manual para la Rehabilitación y Clausura de Tiraderos a Cielo Abierto publicado por la Secretaría de Desarrollo Social, el Manual de Rehabilitación, Clausura y Saneamiento de Sitios de Disposición Final (2012) y la NOM-083-SEMARNAT-2003.

En dicha acción de saneamiento, la opción adecuada sería replicar lo realizado por el H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, en donde derivado de una serie de estudios en la zona, se reforestó con especies nativas en la cobertura final de la zona clausurada dentro del relleno sanitario perteneciente al municipio. Dicha actividad se realizó para prevenir la infiltración de

agua y humedad al macizo de residuos, y con esto poder controlar la generación de lixiviados y restaurar la cobertura vegetal de la zona. Así mismo, esta acción se contempla dentro de las opciones de prevención de riesgos establecidos en los manuales.

### Residuos Sólidos considerados para el Plan de Manejo

Los residuos deben de tener un manejo adecuado, para ello, se debe tener en consideración que la mejor manera de minimizarlos es evitar su generación. Para ello, de acuerdo a Esquer (2009), los residuos pertenecientes a la fracción orgánica deben manejarse con el método más común en México, el composteo. La composta puede ser individual, refiriéndose a una composta por casa, o una composta comunitaria a cargo del Ayuntamiento. Para este proceso, el Ayuntamiento deberá capacitar a la población o de capacitarse para llevar a cabo un control adecuado en la elaboración y vigilancia de la composta.

Para llegar a este punto, el Ayuntamiento tiene que implementar dos o tres contenedores para la separación de residuos e incentivar a la población para que la realice.

Para el caso de los residuos plásticos, de los cuales se generan 207.494 kg por día, dependiendo del número y naturaleza de ellos, algunos pueden recuperarse y otros pueden evitarse. Algunos de ellos pueden recuperarse para venderse y sacar provecho económico y volverlos a incorporar a otros procesos para la elaboración de productos, tomando en consideración el principio de la economía circular. Para que el costo-beneficio sea atractivo y positivo, se debe recolectar lo suficiente para que, en dado caso, la empresa a cargo de la recolección o el costo por llevarlos hasta el centro de reciclado sea redituado.

El poliestireno expandido, conocido como unicel, del cual se genera 57.907 kilogramos por día, puede evitarse por completo, recomendando a la población a usar otro tipo de envases que no sean de un solo uso, por ejemplo, utilizando envolturas vegetales o aquellas que sean biodegradables o hechas con materiales de procedencia vegetal.

Los residuos metálicos, del cual se generan 78.93 kg por día, pueden recuperarse para venderse y obtener un ingreso económico extra, en el mismo sentido, también pueden recuperarse para realizar artesanías o un reuso de ellos.

#### Análisis de los costos asociados al manejo actual de los residuos sólidos

De los datos necesarios para el análisis, solo uno de ellos fue otorgado por la administración municipal, que es un estado de cuenta correspondiente a la nómina de la Dirección de Limpia del municipio para el año 2015. Los datos restantes no fueron brindados, por lo tanto, con información obtenida a través de bibliografía publicada en línea se obtuvieron datos para realizar estimaciones.

Los gastos por mantenimiento del camión, se obtuvieron de datos reportados por Iglesias (2007), que estima que el gobierno local en el Estado de México realiza un gasto diario aproximado de \$150.00 en mantenimiento por vehículo, para el año actual, considerando las cifras de inflación del periodo 2007 a 2021 (73.40% de inflación, de acuerdo a la Calculadora de Inflación de INEGI), equivaldría a un aproximado de \$260.00 pesos actuales.

Así mismo, los datos para el rendimiento del consumo de combustible fueron obtenidos de la Tabla de Rendimientos de Caminos y Puentes Federales (2004). En este sentido, para realizar el cálculo de gasto de combustible, el precio por litro de Diesel fue recuperado de los precios publicados por la Comisión Reguladora de Energía, dichos datos son reportados por los permisionarios correspondientes al municipio de Copainalá, que es la estación de servicio más cercana a Coapilla.

Derivado de lo anterior, se estima que el municipio de Coapilla tiene un gasto por tonelada aproximado de \$888.59 pesos mexicanos, que es un precio mayor a lo reportado por Iglesias (2007), que, para un municipio del Estado de México, el costo por el manejo de residuos es un aproximado de \$376.08 pesos mexicanos por tonelada de residuos sólidos, o lo equivalente a \$651.98 considerando los datos de inflación reportados por INEGI.

Así mismo, de acuerdo a la Guía para la Implementación de Sistemas Tarifarios para la Gestión Integral de Residuos en el Estado de Jalisco publicado por el Gobierno del Estado de

Jalisco (2018), el municipio de Acatic estima que el costo por el manejo de una tonelada de residuos es de \$739.00 pesos mexicanos, siendo un gasto menor a lo estimado para Coapilla.

Y de acuerdo a SEMARNAT (2020), los costos promedio en el país por recolección y disposición final de RSU asciende a \$555.61 pesos por tonelada (estos costos comprenden el sueldo del personal, mantenimiento de unidades de recolección y maquinaria que se utiliza en el SDF), y en algunos municipios el costo del manejo de los RSU se presenta de forma integral sin tabularlo etapa por etapa, en los cuales se señala que el costo promedio por el manejo de una tonelada de residuos es en promedio \$540.80 pesos. Derivado de lo anterior, dichos costos distan de lo que se calcula para el municipio de Coapilla, que se estima una cantidad mayor a lo reportado en promedio en el país.

## CAPÍTULO VI

### Conclusiones

En Coapilla se estima una generación per cápita de 0.301 kg/hab-día de residuos sólidos urbanos domiciliarios, los cuales se traducen en una generación diaria de 1268.77 kilogramos de RSU, aproximadamente. Estos tienen como disposición final el tiradero a cielo abierto, los cuales generan un conflicto ambiental en donde los impactos ambientales negativos son los más resaltantes. Para que esto pueda cambiar se necesitaría un impulso a la sociedad a buscar la mejoría por un bien común que sería su calidad de vida.

En torno a las etapas de manejo, las que existen actualmente son las básicas pero muy contaminantes. En la generación, siempre lo más difícil en cualquier ámbito social será la separación. Implementar la separación de residuos en dos fracciones sería a modo de prueba piloto, una de las opciones en el manejo de los residuos y se pondría en marcha los principios de la economía circular de regresar lo que se valorice al proceso que lo genera o reutilizarlo para otro proceso.

En lo correspondiente a recolección, se demuestra que puede haber un cambio positivo al diseñar y establecer operaciones de logística, dichas acciones llevarían a reducir las paradas innecesarias actuales y los tiempos sobre extendidos en ciertos puntos de recolección. Añadiendo que, junto con la necesidad de un relleno sanitario, se necesitaría un camión recolector en mejores condiciones que no demande tanta inversión en reparaciones y mantenimiento.

En cuanto a los subproductos como aluminio, plástico, poliestireno expandido, por las características presentadas estos no son óptimos para ser enviados a una recicladora, ya que al mezclarse con los demás residuos estos presentan deformaciones en su propia estructura, sin embargo, en la propuesta de plan de manejo se recomienda separarlos directamente en la fuente que los genera.

En cuanto a la disposición final de los RSU, estos son dispuestos en un espacio de aproximadamente 1700 m<sup>2</sup>, en un predio tipo barranca que por sus características no es un

sitio óptimo para disponerlos. Es necesaria una clausura inmediata del sitio y comenzar los trabajos de restauración para evitar un daño mayor al ya presente.

En lo correspondiente al tema económico, de acuerdo a los resultados obtenidos, el municipio de Coapilla realiza un gasto mayor en el manejo de una tonelada de residuos sólidos en comparación a otros municipios en el país. A corto plazo este precio podría aumentar debido a las inversiones requeridas, sin embargo, llegaría a disminuirse a mediano plazo al implementar correctamente el plan de manejo y hacer las actualizaciones correspondientes al sitio de disposición final y la adquisición de mejores equipamientos al personal.

La comunidad de Coapilla presenta un rezago en donde se pone en evidencia la ausencia de una educación ambiental en todos los sectores. Las autoridades actuales en el cargo manifiestan su interés y apoyo para los programas o proyectos en donde se busque una mejoría, pero sin el interés del pueblo esto no será suficiente. Sin embargo, que se demuestre interés no es suficiente, faltaría demostrar en términos reales que tanto como sociedad y gobierno están dispuestos a llevar la responsabilidad compartida del tema de residuos.

La población de la cabecera municipal de Coapilla tiende a participar en los proyectos donde su municipio se vea beneficiado, sin embargo, en el presente trabajo al momento de hacer la selección aleatoria de casa para muestrear, un pequeño número de pobladores desistieron de participar en el estudio, lo que nos lleva a determinar que algunos de ellos no participarían en los futuros planes y/o programas que se implementen ya que, de acuerdo a sus propias palabras, no ven un beneficio económico personal al estar apoyando o participando en estas actividades.

En la presente propuesta de plan de manejo municipal de RSU se buscaría una sinergia entre programas productivos y el interés económico de la sociedad, para sacar provecho en ambas partes y que el manejo de los residuos sea algo atractivo.

## Referencias

- Alfaro Pareja, F., & Villalba, L., & Calderón, F., y Sánchez, R. (2015). Propuestas para el manejo integrado de los residuos sólidos en el área metropolitana de Caracas (AMC). *Politeia*, 38 (55), 1-31.
- Alvarado, H., Nájera, H., González, F., y Palacios-Silva, R (2009). Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. *Lacandonia* 3(1): 85-92
- Araiza, J., Chávez, J. y Moreno, J (2017). Cuantificación de Residuos Sólidos Urbanos generados en la Cabecera Municipal de Berriozábal, Chiapas, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. (33(4): 691-699. DOI: 10.20937/RICA.2017.33.04.12
- Araiza, J., López, C., y Ramírez, N. (2015). Manejo de residuos sólidos urbanos: caso de estudio en Las Margaritas, Chiapas. *Revista ADIS*, 8 (3), 299-311.
- Benayas Polo, R. (2018). Superposición Ponderada con ArcGIS. *GEASIG*. Recuperado de: <https://www.geasig.com/superposicion-ponderada-con-arccgis/>
- Bernache Pérez, G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, 1 (7), 72-98.
- Bernache, G (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: un estudio de la región centro occidente de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 28(1): 97-105
- Bonilla, M y Nuñez, D. (2012) Plan de Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Logroño. (Tesis de maestría). Escuela Politécnica del Ejercito. Ecuador
- Buenrostro Delgado, O., y Israde, I. (2003). La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 19 (4), 161-169.
- Caballero-Saldívar, D., de la Garza-Requena, F., y Andrade-Limas, E., & Briones-Encinia, F. (2011). Los rellenos sanitarios: una alternativa para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. *CienciaUAT*, 6 (2), 14-17
- Caminos y Puentes Federales (2004). Anexo 5: Tabla de Rendimientos. Recuperado de: [www.capufe.gob.mx](http://www.capufe.gob.mx)
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L., y Jiménez-Morales, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(Suppl. 5), 25-32. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>
- Castillo-González, E. y De Medina-Salas, L. (2014). Generación y composición de residuos sólidos domésticos en localidades urbanas pequeñas en el estado de Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1), 81-90. Recuperado en 29 de noviembre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992014000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000100007&lng=es&tlng=es).
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS], (1997). *Guía Para El Manejo De Residuos Sólidos En Ciudades Pequeñas Y Zonas Rurales*. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/pequena.pdf>
- Cerda, E. y André, F. (2018) Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas.

Comisión Reguladora de Energía (2021). Precios de gasolinas y diésel por los permisionarios. Recuperado de: <https://www.cre.gob.mx/ConsultaPrecios/GasolinasyDiesel/GasolinasyDiesel.html>

Couto Benítez, I., Hernández, A. y Sarabia, C. (2012). LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN JUÁREZ: LECCIONES INNOVADORAS PARA OTROS MUNICIPIOS. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 7(13),178-209.[fecha de Consulta 29 de Noviembre de 2021]. ISSN: 1870-4115. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90624811007>

Cruz Sotelo, S., y Ojeda Benítez, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (3), 7-8.

Diario Oficial de la Federación (1988, 23 de enero) *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148\\_050618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf) [2020, 22 de abril]

Diario Oficial de la Federación (1992, 6 de noviembre) *NMX-AA-061 Generación per capita* [en línea]. Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa061.pdf> [2019, 30 de abril]

Diario Oficial de la Federación (2003, 8 de octubre) *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [en línea]. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LGPGIR\\_orig\\_08oct03.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lpggir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf) [2019, 12 de febrero]

Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., y Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167. Recuperado el 22 de junio de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es).

Esquer, R. (2009). *Reciclaje y tratamiento de los residuos sólidos urbanos*. (Tesis de licenciatura). Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México

Flores, A. (2011). Efectos de la aplicación de composta como mejorador de suelo y del desarrollo de dos especies vegetales. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9677/137.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Generación de Residuos Sólidos Urbanos [SEMARNAT], (2017) Recuperado de: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indicadores-basicos-del-desempeno-ambiental--residuos-solidos/resource/550f3e1b-9184-489c-868a-e3c597e3e58f> [2019-02-03]

Gobierno de México. (2011). *PLANES DE MANEJO*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/26147/plandemanejo.pdf>

Gobierno del Estado de Jalisco (2014). Guía par elaboración de Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos. Recuperado de: <https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/manualresiduosimpreso2014.pdf>

Gobierno del Estado de Jalisco (2018). Guía para la Implementación de Sistemas Tarifarios para la Gestión Integral de Residuos en el Estado de Jalisco. Recuperado de: [https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/guia\\_de\\_sistemas\\_tarifarios\\_gir\\_jalisco\\_julio\\_2018\\_dis2\\_0.pdf](https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/guia_de_sistemas_tarifarios_gir_jalisco_julio_2018_dis2_0.pdf)

Gran Castro, J., y Bernache Pérez, G. (2016). Gestión de residuos sólidos urbanos, capacidades del gobierno municipal y derechos ambientales. *Sociedad y Ambiente*, 1 (9), 73-101.

Guzmán Chávez, M., y Macías Manzanares, C. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios Sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 20 (39), 235-261.

Hernandez, S., y Gonzalez, R. (2016). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de Tecnología, vol 15 n° 1*, pp 55-76.

Huerta, O., López, M., Soliva, M. y Zaloña, M., (2008). Compostaje de residuos municipales: control del proceso, rendimiento y calidad del producto. Escuela Nacional de Agricultura Barcelona. Recuperado de: <http://www.resol.com.br/cartilhas/compostaje.pdf>

Iglesias, D. (2007). Costos económicos por la generación y manejo de residuos sólidos en el municipio de Toluca, Estado de México. *Equilibrio Económico*, Año VIII, Col. 3, pp. 131-148. Recuperado de: <http://www2.uadec.mx/pub/pdf/costos.pdf>

Informe de la Situación del Medio Ambiente en México [SEMARNAT], (2015) Recuperado de: [https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7\\_Residuos.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap7_Residuos.pdf) [2019, 24 de febrero]

Jiménez, N (2017) El residuo: Producto urbano, Asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Cultura y representaciones sociales*, 11(22), 158-192. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-81102017000100158&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81102017000100158&lng=es&tlng=es)

López Torres, M., y Espinosa Lloréns, M., Escobedo Acosta, R., y Delgado, J. (2004). Gestión integral de los residuos urbanos sólidos y líquidos en Cuba. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 19 (1), 5-13.

López, G. (2014) *Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos para Hipermercados*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México.

MANUAL TÉCNICO SOBRE GENERACIÓN, RECOLECCIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES [SEDESOL], (2001) Recuperado de: <http://www.inapam.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1592/1/images/ManualTecnico sobre GeneracionRecoleccion.pdf> [2019, 31 de febrero]

Ministerio del Ambiente. (2009). *Reciclaje y Disposición Final Segura de Residuos Sólidos Parte 3*. Perú. Recuperado de: [sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39052](http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39052)

Ministerio del ambiente (2015) *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales*. Recuperado de <https://redrrs.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>

Nava-Uribe, E., Juarez-Lopez, A. y Sampredo-Rosas, M. (2015). Análisis comparativo de los residuos sólidos domésticos en localidades semirurales y rurales del estado de Guerrero, México. *Tlamati*, 6(3), 11-19.

Niño Torres, Á., Trujillo González, J., y Niño Torres, A. (2017). Gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Villavicencio. Una mirada desde los grupos de interés: empresa, estado y comunidad. *Revista Luna Azul*, (44), 177-187.

Oldenhage, F. (2016). Propuesta de un programa de gestión para mejorar el manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Juan de Miraflores. *Industrial Data*, 19 (2), 7-12.

Pérez, A., y Delgado, G. (2015) *La Problemática del manejo de los residuos sólidos en seis municipios del sur de Zacatecas*. *Revista Región y sociedad*, 27.

Pérez, B. (2017). Geolocalización De Sitios Potenciales Para La Disposición Final De Residuos Sólidos Urbanos En La Sub Cuenca Nexapa, Puebla. (Tesis de Maestría). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Racero Moreno, J. y Pérez Arriaga, E. (2006) Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios. *X Congreso de Ingeniería de Organización*. Valencia.

Rodríguez, D., y Montesillo, C. (2017). Propuesta para la gestión sustentable de los residuos sólidos urbanos en la zona central conurbada de Toluca. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, (21)

Romero-Cuero, J., Calderón-Maya, J., y Marmolejo-Urbe, A. (2016). Lineamientos Base para Elaborar un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Ixtlahuaca, Estado de México. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, 18 (1), 89-115.

Sáez, A., y Urdaneta G., J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20 (3), 121-135.

Sánchez Olgún, G. (2007). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del estado de Hidalgo. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.

Secretaría de Desarrollo Social (SF). Manual para la Rehabilitación y Clausura de Tiraderos a Cielo Abierto. Recuperado de: <http://www.ods.org.pe/material-de-consulta/27-manual-para-la-rehabilitacion-y-clausura-de-tiraderos-a-cielo-abierto-san-bartolo-sedesol-pdf/file>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2006). Manual del Proceso de Ordenamiento. Recuperado de: [https://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20ordenamiento/zip/manual\\_poe.pdf](https://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20ordenamiento/zip/manual_poe.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. Primera edición. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

Sistema Estatal de Información Ambiental [SEMAHN], (2018). Recuperado de: <http://sistemaestatalambiental.chiapas.gob.mx/index.html>

Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (2012). Manual de Rehabilitación, Clausura y Saneamiento de Sitios de Disposición Final. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/IvanSoto4/manual-derehabilitacionclausuraysaneamientodesitiosdedisposicionfinal>

Taboada-González, P., Aguilar-Virgen, Q., Cruz-Sotelo, S., y Ramirez-Barreto, M. (2013). Manejo Y Potencial De Recuperación De Residuos Sólidos En Una Comunidad Rural De México. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 29 (3), 43-48.

Tejada Díaz, N., Gisbert Soler, V. y Pérez Molina, A. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD. *3C Empresa, investigación y pensamiento crítico*, Edición Especial, 39-49. DOI: <<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.39-49/>>

Victoria Calambas, F.anor Alirio, Marmolejo Rebellón, L.uís Fernando, y Torres Lozada, P.atricia (2012). ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VALORIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES EN PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1),59-73. [fecha de Consulta 22 de junio de 2021]. ISSN: 0124-8170. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91125275004>.

## **Anexos**

### **ANEXO 1**

#### **Director de limpia**

- 1. ¿Con cuanto personal cuenta el servicio de limpia pública, como se encuentran distribuidos?**
  
- 2. ¿La dirección que preside cuenta con algún programa el cual le permita aprovechar los residuos sólidos?**
  
- 3. ¿Cuenta con algún programa de Manejo?**
  
- 4. ¿Con que tipo de transporte manejan los residuos, cuantos y que capacidad?**
  
- 5. ¿Cuál es el tipo de recolección que se emplea?**
  
- 6. ¿Cuentan con una ruta establecida al momento de recolectar los residuos?**
  
- 7. ¿Dónde son llevados los residuos sólidos que se generan en la cabecera municipal?**
  
- 8. ¿Qué tipo de disposición final les dan a los residuos?**
  
- 9. ¿Se encuentran contenedores ubicados dentro de la cabecera municipal? ¿Cuántos?**

- 10. El personal a su cargo, ¿Cuenta con herramientas que les permita clasificar los residuos sólidos al momento de recolectarlos?**
- 11. ¿En los días de recolección, cuantos viajes se realizan al sitio de disposición final?**
- 12. ¿Cuántas veces por semana se recolectan los residuos?**
- 13. ¿Aproximadamente que volumen de residuos se recolecta?**
- 14. ¿Realizan la actividad de barrido?**
- 15. Conocen y aplican alguna norma para el manejo de los residuos**
- 16. Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_ ¿cuál? (Si respondió que sí) \_\_\_\_\_**
- 17. ¿Qué prácticas utilizan para el manejo de los residuos? (reciclaje, elaboración de abono, capacitaciones de educación ambiental)**

## ANEXO 2

### Entrevistas para el personal

1. **¿Cuenta con elementos de protección para realizar sus actividades? ¿Con cuáles?**
  
2. **¿Usted clasifica los residuos al momento de recolectarlos?**
  
3. **¿Realizan barrido? ¿Con que herramientas los realizan?**
  
4. **¿En qué horario realiza la recolección de los residuos?**
  
5. **¿Con que controlan los malos olores en los contenedores?**
  
6. **Usted como trabajador ¿ha recibido algún tipo de capacitación para el manejo adecuado de los residuos sólidos?**
  - a. **Si\_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ En que temas los han capacitado (si respondió que sí)**  
\_\_\_\_\_
  
7. **A su consideración, ¿Qué tipo de residuos se generan más?**
  
8. **¿En qué recolecta los residuos sólidos?**

**ANEXO 3**

**Lista de Chequeo para SDF**

<b>Lista de Chequeo para Sitio de Disposición Final</b>	
Cantidad de Residuos Generados	
Tipo de SDF	

**Requisitos mínimos que deben cumplir los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial tipo D (menos de 10 toneladas diarias)**

<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
Garantizar la impermeabilización del sitio con barreras naturales o artificiales.		
Una compactación mínima de la basura, de 300 kg/m3.		
Cobertura de los residuos, por lo menos cada semana.		
Evitar el ingreso de residuos peligrosos en general.		
Control de fauna nociva y evitar el ingreso de animales.		
Cercar en su totalidad el sitio de disposición final.		

**Obras complementarias requeridas**

<b>NOM-083-SEMARNAT-2003</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>NO CUMPLE</b>
Caminos de acceso		
Cerca perimetral		
Caseta de vigilancia y control de acceso		
Franja de amortiguamiento (mínimo 10 metros)		
Manual de operación		
Control de registro		
Informe de actividades		